

Eric Mollard Annie Walter

Agricultures singulières

IRD
Editions

Agricultures singulières

Éric Mollard, Annie Walter

Éditeurs scientifiques

Agricultures singulières

IRD Éditions

Institut de recherche pour le développement

Paris, 2008

Photo de couverture

IRD/T. Simon – Riziculture en bas-fonds et aménagement des versants dans les hautes terres malgaches

Préparation éditoriale et coordination

Marie-Odile Charvet Richter

Infographie

Michelle Saint-Léger et LCA/IRD Bondy

Mise en page

Bill Production

Correction

Yolande Cavallazzi

Maquette de couverture

Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure

Catherine Plasse

La loi du 1er juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

Sommaire

Les auteurs par fiche	p. 8
Préface	p. 10
Introduction	p. 12

Partie 1

Maîtriser l'eau	p. 19
------------------------------	--------------

Chapitre 1

Suivre la décrue	p. 27
La riziculture de décrue à Madagascar	p. 30
Le sorgho de décrue dans la vallée du Sénégal (Xavier Le Roy)	p. 33
Les sorghos repiqués muskuwaari au Cameroun (Christian Seignobos)	p. 39
Les tecalli du Mexique	p. 42
Les jardins de sable en Chine du Sud	p. 46

Chapitre 2

Cultiver dans l'eau	p. 49
Le taro en culture inondée (Annie Walter)	p. 51
Le riz flottant	p. 53
Les jardins flottants	p. 59
Le maa micronésien	p. 65
Les chinampas (Mexique)	p. 69

Chapitre 3

Surélever les cultures	p. 73
Les camellones sud-américains (Pierre Gondard)	p. 75
Les jardins drainés des Dugum Dani de Papouasie-Occidentale	p. 81
Les hortillonnages picards (France)	p. 86
Les hortillonnages thaïlandais (Éric Mollard)	p. 90

Chapitre 4

Aménager les marais et les étangs	p. 95
Pasang surut en Indonésie (Patrice Levang)	p. 97
La riziculture de mangrove en Casamance	p. 103
Les digues à mûrier en Chine du Sud	p. 107
Les étangs de la Dombes (Laurence Bérard et Philippe Marchenay)	p. 111

Partie 2

Cultiver les terres arides	p. 119
-----------------------------------------	---------------

Chapitre 5

Collecter les pluies	p. 127
Les murets en courbes de niveau au Cap-Vert	p. 132
Le fanya juu au Kenya	p. 136
Les cultures en trous au nord de la Chine	p. 139
Le zai du Burkina Faso	p. 141
Les teras du Soudan	p. 146
Les negarim	p. 149
Les meskat en Tunisie	p. 151
Le gawan en Somalie	p. 154
Le tabiâ tunisien	p. 157
Le khadin du Rajasthan (Inde)	p. 160
Chapitre 6	
Gérer les crues	p. 163
Le caag de Somalie	p. 166
L'agriculture sailaba au Baloutchistan	p. 167
Les parcelles akchin en Arizona	p. 169
Les jessour en Tunisie	p. 171
L'inondation dirigée en Algérie	p. 175
Le système nabatéen en Israël	p. 177
L'agriculture zuñi au Nouveau-Mexique	p. 181
Chapitre 7	
Freiner l'évaporation et retenir les brouillards	p. 185
Les champs de graviers des Anasazi au Nouveau-Mexique	p. 188
Les champs sablés en Chine du Nord	p. 190
Le garoé ou l'arbre fontaine des Îles Canaries (Alain Gioda)	p. 192
Les lomas péruviennes (Fanny Moutarde)	p. 197
Les capteurs de brume et de rosée	p. 200
Chapitre 8	
Capter les eaux souterraines	p. 203
Cordons lagunaires en Tunisie (Éric Mollard)	p. 205
Les hozas péruviennes	p. 208
Jardins d'atolls en fosse (Jean-Michel Chazine)	p. 211
Qanât, khattara et foggara	p. 217
Partie 3	
Irriguer, fertiliser et planter	p. 223
Chapitre 9	
L'irrigation et ses fonctions annexes	p. 229
L'irrigation au pot à Oaxaca (Mexique)	p. 232
Les puits « itinérants » au nord du Ghana (Boubacar Barry)	p. 235

Les sculpteurs de montagne.	
L'essor des canteros dans les Andes équatoriennes (Thierry Ruf)	p. 238
Taro en bassins irrigués (Annie Walter)	p. 243
Les qochas de l'Altiplano	p. 248
L' entarquinamiento :submersion traditionnelle en horticulture moderne (Éric Mollard)	p. 251
Les systèmes de casiers au Mexique (Éric Mollard)	p. 255
Le lameo en Bolivie (Margot Jobbé-Duval)	p. 257
L'or de Chilac (Mexique)	p. 261
Chapitre 10	
La fertilité des sols	p. 265
Technique et usages du billon chez les Yali de Papouasie-Occidentale (Manuel Boissière)	p. 267
Les buttes enrichies de Zambie	p. 270
Les champs ngolo des Matengo	p. 272
Les Terres Noires des Indiens en Amazonie (Dirse Clara Kern et Nestor Kämpf)	p. 274
Les plaggen soils des îles Shetland	p. 279
Chapitre 11	
Plantes et jardins	p. 281
Les jardins de pierres de Rapa Nui (Delphine Greindl)	p. 283
Les jardins des Dogons	p. 288
Les terrasses rizicoles de l'Himalaya (Olivia Aubriot)	p. 292
Wen hipere , jardin de patates douces des Dani Baliem en Papouasie-Occidentale (Yohanes Purwanto)	p. 297
Les buttes à ignames au Vanouatou (Vincent Lebot)	p. 301
La culture de la coca, une plante andine d'usage millénaire (Jean-Claude Roux)	p. 305
Les vignes de Lanzarote (Alain Gioda)	p. 311
 Bibliographie	 p. 315
Index des noms botaniques	p. 343

Les auteurs¹

61 – Olivia AUBRIOT

Agro-ethnologue
CNRS, UPR 299
Social Water Management Program
French Institute of Pondicherry
11, Saint Louis Street, PB 33
605 001 Pondicherry – Inde
olivia.aubriot@ifpindia.org

46 – Dr Boubacar BARRY

Hydrologue
IWMI, West Africa Office,
c/o CSIR, PMB CT 112
Accra – Ghana
b.barry@cgiar.org

18 – Laurence BÉRARD

Ethnologue
Ressources des terroirs –
Cultures, usages, sociétés
Antenne de l'Unité mixte de recherche
5145 (CNRS – MNHN)
Éco-anthropologie et ethnobiologie
Alimentec, rue H. de Boissieu
F – 01060 Bourg-en-Bresse cedex 9
<<http://www.ethno-terroirs.cnrs.fr>>
laurence.berard@ethno-terroirs.cnrs.fr

54 – Manuel BOISSIÈRE

Ethnobotaniste
Center for International Forestry
Research (CIFOR)
Jalan CIFOR, Situ Gede,
Sindang Barang
Bogor 16680 – Indonésie
m.boissiere@cgiar.org

43 – Jean-Michel CHAZINE

Ethno-archéologue
CNRS/Credo-Marseille
Maison Asie-Pacifique
532, route des Mauvares
F-13840 Rognes

jm.chazine@wanadoo.fr
jmchazine@mailcity.com

38, 65 – Alain GIODA

Hydrologue
IRD – Casilla 18-1209
Lima 18 – Pérou
gioda_ird@yahoo.com

11 – Pierre GONDARD

Géographe
IRD – BP 64501
34394 Montpellier cedex 5
pierre.gondard@ird.fr

59 – Delphine GREINDL

BP 10, Papa Nui
Île de Pâques – Chili
dgreindl@hotmail.com

52 – Margot JOBBÉ-DUVAL

Géographe
Mas d'en Heras, Camino Sanctuari
Mare
de Déu del Camp
17780 Garriguella (Girona) – Espagne.
m2jobbeduval@yahoo.fr

57 – Nestor KÄMPF

Departamento de Solos,
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul
Porto Alegre – Brésil

57 – Dirse Clara KERN

Coordenação de Ciências da Terra e
Ecologia
Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém, Pará – Brésil.
kern@museu-goeldi.br

63 – Vincent LEBOT

Agronome
Cirad – BP 946
Port-Vila – Vanouatou
lebot@vanuatu.com.vu

¹ Les numéros renvoient aux fiches respectives des auteurs.

2 – Xavier LE ROY

Économiste

IRD – BP 64501

34394 Montpellier cedex 5

Xavier.Le.Roy@ird.fr

15 – Patrice LEVANG

Agro-économiste

IRD-CIFOR

PO Box 0113 BOCBD

Bogor 1600 – Indonésie

patrice.levang@ird.fr

18 – Philippe MARCHENAY

Ethnobiologiste

philippe.marchenay@ethno-
terroirs.cnrs.fr

cf : Laurence Bérard

14, 41, 50, 51 – Éric MOLLARD

Sociologue de l'environnement

IRD – BP 64501

34394 Montpellier cedex 5

eric.mollard@ird.fr

39 – Fanny MOUTARDE

Archéobotaniste

Institut français d'études andines

(IFEA)

UMIfr 17 CNRS – MAEE

Av. Arequipa 4595, Miraflores

Lima 18 – Pérou

fannymoutarde@hotmail.com

62 – Yohanes PURWANTO

Ethnobiologiste

Laboratory of Ethnobotany,

Research Center for Biology,

Indonesian Institute of Sciences (LIPI),

Bogor – Indonésie

purity@indo.net.idpurity@indo.net.id

ou herbogor@indo.net.id

64 – Jean-Claude ROUX

Géographe

6, rue de la Treille Muscate

34090 Montpellier

j-c.roux@tele2.fr

47 – Thierry RUF

Géographe

IRD – BP 64501

34394 Montpellier cedex 5

thierry.ruf@ird.fr

3 – Christian SEIGNOBOS

Préface

L'histoire de l'agriculture mondiale est étroitement liée à l'histoire de l'évolution de la civilisation humaine et des diverses cultures de notre globe. Dans les pays en développement en particulier, l'agriculture et la vie rurale ont été fortement influencées jusqu'à ce jour par d'anciennes traditions culturelles et par les valeurs partagées par les institutions des communautés locales. Ces traditions et ces valeurs ont été façonnées en tenant compte des ressources naturelles disponibles, du savoir accumulé et de l'écologie.

Les « agricultures singulières » que nous rencontrons dans de nombreuses régions ou pays de la planète constituent un microcosme qui reflète un très vaste ensemble de systèmes de production adaptés à leur environnement et qui associe la mise en valeur des espaces cultivés, pastoraux et aquatiques par l'agriculture, l'élevage et la pêche. Elles nous racontent de fascinantes histoires qui montrent comment l'homme a su s'adapter de façon ingénieuse à un environnement physique et matériel changeant, mais aussi prouver son attachement à la conservation de son patrimoine naturel.

Ces types d'agriculture sont le résultat de longues évolutions qui se sont déroulées dans une grande variété d'aires géographiques : qu'il s'agisse de cultures vivrières, de pêche côtière ou de systèmes à base d'élevage, de nombreux systèmes de production originaux se sont développés à l'écart des grandes évolutions générales de l'agriculture que nous connaissons. De tels systèmes de production offrent des alternatives aux problèmes qui se posent un peu partout dans ce monde aux agriculteurs pauvres n'ayant pas accès aux technologies modernes. De telles réponses peuvent être bien plus durables que celles apportées par des techniques agricoles modernes. Elles peuvent constituer une base pour les modèles de développement visant à une élévation du niveau de vie des populations et à la préservation de l'agro-diversité et de la biodiversité.

L'ouvrage *Agricultures singulières*, qui synthétise d'une façon originale une longue tradition de recherches agricoles menées par l'IRD, est d'une grande actualité. Il illustre la nécessité et la possibilité de relier à nouveau agriculture, nature et culture, tout en soulignant le long chemin qu'il nous reste encore à parcourir pour accéder à une compréhension globale du fonctionnement de ces pratiques culturelles.

Une part substantielle de la production agricole provient et va continuer à provenir de ce secteur agricole traditionnel, un secteur que les interventions de développement ont pourtant négligé malgré sa contribution au maintien du niveau de vie de nombreuses populations, à leur sécurité alimentaire et à la conservation de la biodiversité et des cultures de l'« AgriCulture ». Ainsi, malgré le grand intérêt des stratégies mises en œuvre par ces « agricultures singulières » (en particulier en ce qui concerne la préservation du patrimoine naturel) et malgré leur résilience remarquable, celles-ci ont largement échappé à l'attention des planificateurs du développement et à celle des décideurs politiques. Nombre de ces systèmes de production sont actuellement victimes d'une extinction qui menace également les communautés humaines qui ont développé ces systèmes.

La FAO partage largement les préoccupations formulées dans ce livre sur les *Agricultures singulières*. Elle rejoint les objectifs poursuivis par les auteurs de cet ouvrage dans ses propres programmes de partenariat global qui concernent spécifiquement la préservation et l'aménagement durable de ces agricultures traditionnelles, remarquables et singulières. Ainsi, le programme « Conservation et aménagement durables des systèmes ingénieux du patrimoine agricole mondial » (Sipam) – mis en place par la FAO et le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) depuis 2002 – vise à amorcer des processus participatifs de transformation de l'agriculture traditionnelle. Son centrage sur les agriculteurs eux-mêmes, constitués en acteurs de leur propre développement, devrait permettre à l'agriculture de subsistance d'évoluer de façon progressive, pour élever les niveaux de vie en milieu rural tout en préservant les diversités agri-culturelles et biologiques. Il pourrait servir de catalyseur aux initiatives internationales de plus grande ampleur nécessaires pour atteindre les objectifs fixés par le Millénaire du Développement : éradiquer la pauvreté extrême et la faim et assurer la durabilité environnementale du développement.

Si l'on veut préserver ces héritages exceptionnels, il est nécessaire de mettre en place des dispositifs d'accompagnement modulables assurant un suivi fin des changements provoqués par les choix politiques. Ainsi, un des objectifs du programme Sipam est d'instaurer une nouvelle catégorie de site classé « Patrimoine agricole mondial » auquel beaucoup de ces « agricultures singulières » pourront prétendre.

L'ouvrage d'Éric Mollard et d'Annie Walter donne une nouvelle dimension au programme Sipam. Il représente, à ce titre, mais surtout par la pertinence et la qualité scientifique du travail, une contribution essentielle à la connaissance de systèmes insuffisamment reconnus par la communauté internationale. À travers la publication de cet ouvrage, l'IRD contribue ainsi à les faire mieux connaître.

Comme l'observait Aldo Leopold, environnementaliste pionnier américain : « Nous surexploitions la terre d'autant plus facilement que nous la considérons comme une simple ressource qui nous appartient. Quand nous considérons la terre comme un patrimoine, un élément de notre héritage commun, nous commençons à en faire usage avec amour et avec respect. »

PARVIZ KOOHAFKAN

Directeur de la Division des Terres et Eaux

Coordonnateur du programme Sipam

<http://www.fao.org/sd/giahs/index.asp?lang=fr>

Département des Ressources naturelles et de l'Environnement

Food and Agriculture Organization of the United Nations,

FAO, Rome, Italie

Introduction

Il y a près de 10 000 ans, les groupes de chasseurs-cueilleurs qui peuplaient alors la terre ont commencé à protéger les plantes puis à les cultiver, donnant progressivement naissance à ce que l'on appelle aujourd'hui l'agriculture. Son émergence s'est produite séparément et indépendamment en plusieurs endroits du monde à partir desquels elle s'est répandue. L'agriculture, vue comme l'ensemble des travaux effectués par l'homme dans le but de produire des végétaux qui lui sont utiles, n'est pas née soudainement mais fut plutôt l'aboutissement d'un lent processus dont les différentes phases se sont succédé plus ou moins graduellement selon les lieux et selon les plantes. Les premières cultures ne concernaient pas une seule plante mais un ensemble d'espèces, au sein desquelles l'une d'entre elles prédominait. Il s'agissait presque toujours d'une céréale ou d'une plante à racine ou tubercule : l'orge et le froment au Moyen-Orient, le taro et l'igname en Océanie, le sorgho en Afrique, le mil en Chine, le maïs et le haricot en Amérique du Sud. Les premiers aménagements consistaient simplement dans le choix d'une parcelle reproduisant naturellement le milieu d'origine de la plante convoitée ou bien dans la simple transplantation de cette espèce vers un milieu anthropisé, comme le village. Simultanément, l'homme s'est déplacé, a investi des milieux nouveaux et s'est parfois installé, par choix ou par nécessité, dans des lieux particulièrement hostiles qu'il a dû aménager et cultiver.

Progressivement, l'agriculture s'est transformée ainsi que les sociétés qui la pratiquaient et les milieux qui la soutenaient. Elle est devenue de plus en plus complexe et a généré au cours du temps des formes variées qui résultent d'une adéquation entre un climat, un sol, une plante et une communauté humaine. Presque toutes impliquent une transformation du paysage au bénéfice des cultures et témoignent d'une artificialisation plus ou moins poussée de l'environnement, obtenue par des techniques différentes, sans que l'on puisse, à leur simple vue, associer une fonction définie aux structures qui les composent. Les digues, les trous, les terrasses ou les murets, traduisent de nombreuses fonctions qui existent souvent

de façon simultanée au sein d'une même agriculture. Ainsi, en zone aride montagneuse, une terrasse conserve l'eau, évite l'érosion et fournit un terrain plat pour les cultures. En zone humide, un fossé draine les excédents d'eau mais irrigue aussi les plantes en période sèche. Un aménagement entrepris dans un but donné peut présenter une fonction secondaire avantageuse. Par exemple, le replat d'une terrasse construite pour aménager la pente rend l'irrigation commode, la terre d'une butte rehaussée pour ameublir le sol facilite le désherbage et la récolte.

Aucun mode de culture n'existe de façon isolée. Au sein des multiples formes agricoles existantes ou ayant existé, chacune d'elles s'associe à d'autres dans la gestion logique et raisonnée d'un territoire par une communauté humaine. En Mélanésie, on observe ainsi, dans un même espace géré par un même groupe social, une tarodière irriguée à côté d'un jardin d'ignames sur défriche brûlis, d'une plantation de cocotiers et de plates-bandes maraîchères. L'ensemble forme ce que l'on appelle un système de cultures. Comme l'ont écrit MAZOYER et ROUDART (1997), il s'agit d'ensembles organisés dépendant tout à la fois de l'écosystème qui les soutient et du système social qui les gère, l'un et l'autre ne pouvant être que particulier à un moment donné et dans un lieu donné. L'écosystème comprend lui-même des éléments divers, et le système social présente toutes sortes de facteurs qui interagissent : type d'outillage, modes d'accès à la terre, statut social des producteurs, organisation politique, utilisation finale de la production agricole. Les facteurs à prendre en compte sont donc nombreux, sans même parler des conditions historiques, économiques ou démographiques au sein desquels ils se situent. En conséquence, les modèles d'analyse théoriques qui sont élaborés *rend(ent) compte des formes d'agriculture les plus répandues et les plus durables mais ne rend(ent) pas compte des particularités de forme et de destin de chaque agriculture singulière* (MAZOYER et ROUDART, 1997 : 47). De plus, chaque élément de l'ensemble et l'ensemble lui-même ne sont jamais statiques, mais évo-



© IRD/C. Dejoux

Agriculteurs de l'Altiplano foulant des pommes de terre.

luent et se transforment continuellement, donnant régulièrement naissance à un nouveau type de système de cultures. Cette agrobiodiversité permet une adaptation continue, et par là même durable, des communautés à leur milieu. Les agricultures ont parfois été mises au point par des groupes marginalisés repoussés dans des environnements hostiles (comme les Dogons au Mali) mais le plus souvent, elles sont le fait de groupes sociaux stables qui ont su mettre à profit l'une des caractéristiques de leur environnement, ou qui ont su créer un équilibre, au terme d'une série d'expériences plus ou moins réussies, entre les besoins de leurs plantes, les potentialités de leur milieu et les nécessités de leur organisation sociale. Chaque type d'agriculture témoigne donc d'une étape précise dans une série évolutive au cours de laquelle d'autres types d'agriculture l'ont précédé puis lui ont succédé. Beaucoup d'entre elles ont été totalement éliminées et ne subsistent plus que sous la forme de vestiges archéologiques, d'autres se maintiennent au prix d'une créativité constante, aux marges des grandes agricultures ou dans des zones isolées et continuent à être pratiquées au quotidien en maints endroits du monde.

Alors que les actions de développement agricole cherchent à privilégier les solutions alternatives, nous avons remarqué qu'un certain nombre d'agricultures n'était connu que de quelques observateurs. Mentionnées dans des revues très spécialisées, la plupart sont peu

étudiées ou apparaissent sous des vocables vernaculaires différents. Si les *meskat* de Tunisie ont fait l'objet d'abondantes études, on connaît moins les *qochas* d'Amérique latine, les *khadin* du Pakistan, les cordons lagunaires de Tunisie ou les fosses jardins de l'Océanie. Or, à défaut d'être largement représentée d'un point de vue géographique, chaque agriculture est significative des relations particulières que l'homme noue avec les plantes cultivées, le milieu et les autres groupes sociaux. Elles révèlent toutes que le destin ultime d'un marais ou d'un désert n'est pas nécessairement la poldérisation ou la grande irrigation, que l'endiguement et les barrages ne sont pas les seules solutions au contrôle des crues. Elles démontrent toutes que des pratiques de conservation de l'eau ou du sol ont été mises en œuvre depuis toujours par les sociétés traditionnelles.

Les agricultures parlent surtout des réalités vécues par les paysans. La rationalité paysanne, d'abord individuelle, nourrit une rationalité collective à laquelle elle ne peut être réduite même si cette dernière l'inspire à son tour ou la contraint partiellement. Elle conduit à des formes d'aménagement astucieuses qui ont su montrer leur efficacité et engendrer une certaine prospérité. Toutes les

agricultures présentées dans cet ouvrage (et il y en a sans doute beaucoup d'autres) portent la marque de l'entreprise paysanne, de la validité des savoir-faire locaux, de l'adaptation progressive aux processus évolutifs dont les paysans ont une connaissance fine, de l'esprit innovateur d'un monde rural trop souvent jugé statique. En un mot elles parlent de ceux qui, depuis des millénaires, doivent produire pour eux et pour les autres les plantes alimentaires dont nous dépendons.

L'ouvrage que nous présentons n'est pas un essai d'analyse théorique des systèmes agraires du monde, ce qui a, d'ailleurs, déjà été réalisé. Un inventaire exhaustif des différents types d'agriculture qui ont existé ou existent encore est quant à lui impossible et présente peu d'intérêt puisque l'agriculture est dynamique, mouvante et toujours locale. Plus modestement, ce livre propose un panorama des principaux types d'agriculture que nous avons pu recenser lors de nos enquêtes et, le plus souvent, dans la littérature spécialisée. Nous avons choisi les exemples de façon à illustrer les principaux milieux, les différentes parties du monde et les grands types d'agriculture, comme l'irrigation ou les champs surélevés. Les modes de culture les plus originaux ont été privilégiés, à condition que les informations les concernant soient suffisantes. L'ouvrage est destiné à centraliser et organiser une masse de données très hétérogènes, afin que chacun puisse trouver rapidement au fil des pages les renseignements

essentiels concernant le type d'agriculture qui l'intéresse. Ce livre n'est pas un manuel de solutions toutes faites capables de répondre aux nombreux problèmes techniques que le monde agricole se pose, mais plutôt un recueil de solutions possibles destinées à susciter l'imagination et proposer des idées. Bien qu'il fasse entièrement appel aux savoirs traditionnels des communautés non industrialisées, il n'est pas un hymne au passé agricole de l'humanité. Par contre, et c'est peut-être là son principal objectif, il rend compte de l'imagination, de l'adaptabilité, de l'endurance et des qualités d'observation des communautés humaines qui, dans les milieux les plus défavorables ou les conditions les plus hostiles, ont su trouver une solution pour cultiver et survivre. Il ne s'agit donc pas de protéger à tout prix tel ou tel type d'agriculture mais plutôt de comprendre les principes qui les sous-tendent, de reconnaître la valeur des savoirs populaires et l'efficacité des modes de gestion paysanne, afin d'en tenir compte dans l'adaptation des modes d'agriculture traditionnels au monde moderne. L'ouvrage est centré tout particulièrement sur les agricultures des milieux hostiles, marais, cordons lagunaires, déserts et tous ces lieux dans lesquels on ne s'attendrait pas, au premier abord, à trouver

Culture attelée dans les rizières en Inde.



© IRD/C. Lévêque



© IRD/Y. Marguerat

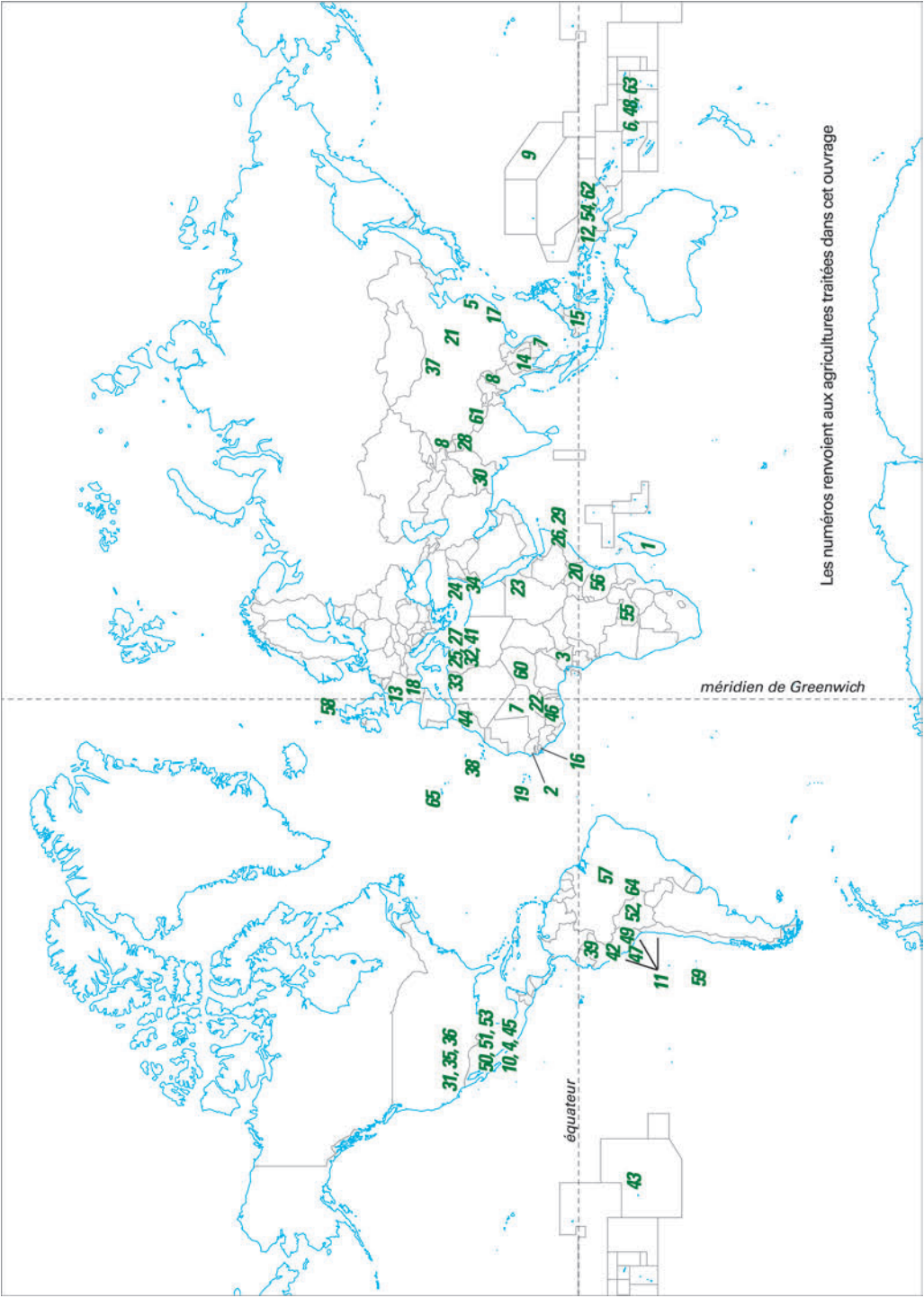
**Sarclage-buttage de plants de maïs
par une paysanne bamileké au Cameroun.**

des champs verdoyants ni même des populations durablement installées. Nous y avons ajouté quelques types d'agricultures qui, sans être pratiquées dans des milieux réellement ingrats, témoignent néanmoins d'une adaptation réelle et astucieuse à des environnements restreints.

Les agricultures choisies sont classées en trois sections principales, correspondant à trois grands types de milieux. À l'intérieur de chaque partie, les agricultures similaires sont regroupées en chapitres. La première traite des modes de culture en milieu humide, des berges de rivières jusqu'à l'aménagement des deltas en passant par la culture des marais et l'association entre agriculture et pisciculture. À côté des systèmes simples, comme l'aménagement d'une berge, on trouvera les systèmes complexes représentés par les hortillonnages ou les digues à mûrier. La deuxième partie réunit les agricultures des zones arides, qui sont parmi les plus anciennes et les plus nombreuses. Là encore, on peut observer des modèles d'une grande simplicité, comme les petits bourrelets de terre placés le long de faible pente jusqu'aux systèmes nabatéens ou autres aménagements de versant, d'une grande complexité. La dernière partie présente des agricultures pratiquées dans des milieux variés. Il s'agit de

formes d'irrigations singulières ou de fonctions particulières de l'irrigation ; des techniques de fertilisation du sol parmi lesquelles on trouvera le billonnage aux fonctions multiples. Le dernier chapitre a été consacré à la plante, pour ne pas oublier qu'elle reste au centre de toute agriculture. Certaines des agricultures présentées dans cette troisième partie auraient pu trouver leur place dans l'une ou l'autre des deux premières, dans la mesure où elles sont pratiquées dans des milieux humides ou arides. Néanmoins, il nous a semblé important de bien individualiser certaines techniques, pratiquées dans toute sorte de milieux (telle que la fertilisation des terres) et de conserver à la plante, et à ses besoins, le dernier mot, dans un ultime chapitre.

L'ouvrage se présente comme un manuel où chaque entrée ou fiche correspond à un type d'agriculture pratiquée autrefois ou aujourd'hui, quelque part dans le monde. Étudiants et chercheurs y trouveront surtout les informations principales concernant des types d'agricultures peu connues, complétées par un certain nombre de références leur permettant de poursuivre leurs propres recherches et par des croquis (ou photographies) illustrant les données. Mais le texte se veut avant tout accessible au plus grand nombre. Nous avons donc évité, dans la mesure du possible, l'emploi des termes scientifiques et la présentation de données numériques ou très spécialisées. Ainsi conçu, l'ouvrage apparaîtra pour certains insuffisamment documenté, pour d'autres comme



Carte de situation des agricultures à travers le monde.

une succession d'exemples anecdotiques. Mais, nous l'espérons, l'ensemble témoigne à la fois de la multitude des solutions locales mais aussi de la similitude des solutions apportées par des sociétés parfois très éloignées. Nous avons pour cela effectué de nombreux renvois (en couleur) au fil des chapitres et des fiches pour bien souligner que les solutions apportées localement sont rarement isolées. Les hortillonnages européens, les *chinampas* de Mexico, les *camellones* andins et les champs de taro drainés océaniens ont finalement beaucoup de points communs.

Chaque agriculture est traitée en plusieurs paragraphes donnant des informations sur sa nomenclature, sa localisation géographique, ses aménagements techniques et le contexte historique et social dans lequel elle est pratiquée. Certains exemples concernent des vestiges archéologiques, même si la plupart des agricultures traitées sont encore pratiquées de nos jours. À ce propos, il faut souligner que les grands ensembles archéologiques ou actuels n'ont pas été aménagés en une seule fois, ni même utilisés de façon continue. Les tarodières irriguées sont construites au fil des ans, en ajoutant progressivement de nouveaux bassins aux précédents. Les champs drainés de taro en Papouasie Nouvelle-Guinée et les *camellones* sud-américains ont été exploités

de manière discontinue, comme en témoignent les phases d'abandon entre deux phases d'utilisation. La documentation relative à certains types d'agriculture est abondante, aussi avons-nous essayé de retenir uniquement les références principales et faciles d'accès, des plus anciennes aux plus récentes. Pour la plupart, elle est réduite à quelques articles sur lesquels le texte s'appuie entièrement. Dans tous les cas, les références des sources utilisées sont intégralement citées à la fin de chaque fiche puis données de façon complète en fin d'ouvrage. Plusieurs auteurs, dont nous-même, ont également accepté de contribuer à ce manuel, en traitant des agricultures qu'ils avaient personnellement étudiées. Leur nom signe alors le sujet qu'ils ont rédigé et nous les en remercions. Certains d'entre eux se sont retrouvés, à la fin des années 1990, au Laboratoire d'études agraires à Montpellier, en provenance de différentes parties du monde. Les discussions que nous avons eues ensemble, les observations différentes que nous avons faites et notre intérêt collectif pour ces formes d'agricultures si variées, et parfois si performantes, nous ont finalement donné l'idée de cet ouvrage. C'est donc aussi nos expériences et notre enthousiasme que nous aimerions faire partager à un large public.

Éric Mollard, Annie Walter



Partie 1

Maîtriser l'eau

Village de trans migrants à Palingkau
(Kalimantan-Centre) dans le cadre des grands projets
de développement des vastes zones marécageuses.

© P. Levang

Les milieux humides sont présents partout dans le monde et sous tous les climats. Ils recouvrent une surface somme toute assez réduite (6 %) mais présentent une large diversité de formes selon qu'ils se situent le long des berges et des deltas des fleuves, au bord des lacs et des étangs ou qu'ils forment des tourbières, des vasières ou des marais, des lagunes ou des marécages. Les tourbières sont composées de débris végétaux dégradés dans des milieux humides, où les plantes poussaient à l'origine. Elles se sont formées, il y a plus de 10 000 ans, dans des sols gorgés d'eau et sous des climats frais et pluvieux. Les vasières sont formées de sédiments transportés par les fleuves, de sables apportés par les vents, d'eau douce venue des pluies et d'eau salée venue de la mer. On appelle marais la partie supérieure des vasières, recouverte uniquement lors des grandes marées ou des tempêtes. Elle donne lieu aux marais salants et aux mangroves, ces dernières ayant une végétation particulière, adaptée à la salinité. Les lagunes, situées entre terre et mer, sont des écosystèmes fragiles en perpétuel équilibre entre les forces terrestres et marines qui les animent. Les marécages, quant à eux, sont alimentés en eau douce provenant soit de la nappe phréatique qui affleure le sol dans les zones basses soit des débordements des grands fleuves au niveau de leur delta.

Les milieux humides ont tous, quel que soit leur situation géographique, des fonctions multiples et importantes. Outre leur simple rôle de réservoir hydrique puisqu'ils accumulent les eaux de pluies ou celles issues de la fonte des neiges, ils régulent les crues des rivières, épurent les nappes phréatiques, retiennent les sédiments et contribuent à garantir la diversité animale et végétale, en particulier le long des cours d'eau. La flore et la faune des milieux humides sont, en effet, toujours spécifiques. Certains fournissent des ressources naturelles utiles. La tourbe, employée comme source d'énergie domestique, est récoltée dans les tourbières ; les laïches et les roseaux sont collectés pour des usages variés dans les marais et aux bords des lacs. Un grand nombre de plantes alimentaires ainsi que des poissons ou de petits gibiers sont fournis par les zones humides. Ces milieux jouent parfois un rôle de protection, comme ce fut le cas du Bajío qui barre les Hauts Plateaux mexicains sur plus de 200 km et a longtemps protégé les civilisations sédentaires de la Més-Amérique en filtrant les incursions chichimèques. Zones de chasse, de pêche et de collecte, barrières protectrices ou zones de refuge, les milieux humides offrent souvent des paysages d'une grande beauté. Les hommes les exploitent très tôt et partout, y trouvant un sol fertile ainsi que des ressources faunistiques et floristiques variées.

Un grand nombre de milieux humides a ainsi été mis en valeur. Les exemples sont innombrables. Il y a plus de 9 000 ans, les populations autochtones de Papouasie Nouvelle-Guinée pratiquent l'une des formes d'agriculture les plus anciennes dans les zones marécageuses de Kuk. Bien plus tôt, une certaine forme de culture a sans doute commencé là, en enfonçant un tubercule (en l'occurrence un taro) dans les boues marécageuses. Au Moyen Âge, les maraîchers cultivent le Marais à Paris et les mares des zones basses, situées au pied des cathédrales, donnent aux *maragers* la possibilité d'approvisionner les marchés urbains en légumes. Aux ^{xv}^e et ^{xvi}^e siècles, les Aztèques implantent les *chinampas* dans les lacs des vallées de Mexico. Certains milieux de taille réduite fournissent des

ressources complémentaires à des communautés humaines installées à proximité, sur des terres moins inondées, tandis que d'autres, de superficie plus vaste, accueillent des sociétés humaines sédentaires qui s'y implantent, malgré l'excès d'humidité, l'abondance des moustiques et la difficulté des communications. Il s'agit parfois de communautés marginales, fuyant des populations agressives ou dominantes. Mais, certains affirment que quelques populations des marais choisissent délibérément ce lieu d'implantation en le jugeant très favorable (SERPANTI, 1965 ; HEIDER, 1970). Elles y trouvent la sécurité, certes, mais aussi des protéines fournies par les poissons, les petits mammifères ou les oiseaux ainsi qu'une grande abondance de produits végétaux.

Suivant les contextes, l'aménagement agricole de ces zones soutient une agriculture principale ou bien vient en complément d'une agriculture pluviale dominante, indépendamment des lieux de résidence des populations concernées. Dans la plupart des cas l'agriculture humide de marais s'allie à l'agriculture sur sol sec mais s'inscrit de façon diverse dans le système agraire en fonction des conditions environnementales, des types de société, de leur plante alimentaire de base ou de leur lieu de résidence habituel. Selon les cas, et les thèses, le marécage ou le marais sont abandonnés quand ils deviennent impraticables (difficulté de maintenance ou érosion trop forte) ou au contraire quand l'agriculture pluviale sur sol sec redevient productive (innovation technique ou amélioration climatique). La puissance de la mécanisation actuelle et l'assainissement des vallées font également oublier à quel point l'humidité a été autrefois l'objet

**Lac Titicaca sur l'Altiplano bolivien
à 3 800 m d'altitude.**



© IRD/C. Dejoux

d'une gestion de tous les instants. Il y a quelques décennies encore, des rigoles cloisonnent les prés, des fossés à ciel ouvert sont entretenus en permanence, les formes seules de labours offrent des variétés saisissantes : dressées ou couchées, en planches, à plat ou en billons, piquées ou ouvertes, refendues ou en adossée. Les milieux humides, quant à eux, sont soigneusement aménagés et parfois recopiés. Une pléthore de modalités d'adaptation à l'humidité ou de lutte contre les excès d'eau permet ainsi aux producteurs d'accéder durant des siècles à des terres riches en matière organique, bien que lourdes et difficiles à travailler. À partir du ^{xx}e siècle, l'exploitation des milieux humides s'accroît soudainement et entraîne la disparition de près de la moitié d'entre eux. Les pratiques agricoles drainent l'eau de ces milieux, y rejettent des polluants tels que l'azote, le phosphore ou des pesticides, détruisent par leurs aménagements les bords des cours d'eau et les espèces qu'ils abritent. Même une agriculture adaptée, comme celle des jardins flottants sur le lac Inle au Myanmar, produit en elle-même des déchets organiques qui comblent le lac et soutient indirectement une population en pleine croissance qui asphyxie à son tour les eaux par ses nombreux déchets.

Pour protéger ces milieux si utiles, une charte intergouvernementale a été signée le 2 février 1971, à Ramsar en Iran. Depuis, le 2 février est devenu, chaque année, la journée mondiale des zones humides. La charte concerne toutes les nappes, qu'elles soient naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires ; toutes les eaux, qu'elles soient stagnantes, vives, douces, saumâtres ou bien salées, les littoraux jusqu'à six mètres de profondeur à marée basse, les rizières et les lacs de barrages. Elle précise que l'activité agricole doit elle aussi contribuer à préserver la richesse de ces milieux. La recherche agronomique, par conséquent, doit s'attacher à mettre au point des conduites de culture performantes tout en respectant un cahier des charges sur le volume et la qualité des écoulements. L'exemple des nombreuses agricultures singulières qui se sont déployées durant des siècles dans ces milieux fragiles offre un panorama des solutions possibles dont peuvent s'inspirer agronomes et décideurs de la société civile bien qu'elles ne soient pas, bien sûr, des solutions toutes faites. La mise en valeur de ces milieux dépend *a priori* de facteurs divers tels que l'outillage disponible, le travail d'aménagement initial, l'appropriation foncière,



Les marais de Kaw en Guyane.

© IRD/M. Dukhan

le marché urbain, l'organisation sociale ou la configuration politique locale. Tous ces facteurs interagissent et se conditionnent les uns les autres pour aboutir à un équilibre toujours instable entre facteurs techniques, sociaux et cognitifs, garant de la survie d'une agriculture singulière. Mais la plupart des faciès se prêtent à des aménagements progressifs à la portée des paysans, individuellement ou en communautés, et sans intervention nécessaire de l'État. L'exploitation des milieux humides varie ainsi de la simple adaptation sans aménagement, où le milieu originel est apparemment préservé, jusqu'à l'artificialisation absolue sans banalisation.

La lecture de la documentation concernant les types d'agriculture en milieux humides révèle quelques confusions, sans doute parce que beaucoup d'entre eux ont disparu ou ne subsistent qu'à l'état de reliques et parce qu'ils partagent certaines similitudes. Ainsi, les cultures de décrue sont mêlées aux cultures de berges, les jardins flottants sont confondus avec les *chinampas* (qui ne flottent pas) et les *camellones* sont assimilés aux *chinampas* ou aux hortillonnages. Ces derniers systèmes sont, en bloc, rapprochés des systèmes agro-piscicoles. Pourtant, ces types d'agricultures sont différents bien que parfois difficiles à distinguer. Les types d'agriculture en milieu humide peuvent se classer en quatre catégories principales, présentées chacune dans un chapitre, en suivant *grosso modo* des modes d'artificialisation croissants.

Le premier chapitre traite des agricultures qui transforment peu ou pas le milieu et sont menées sur les berges des rivières ou sur les bords des cuvettes et des lacs en récession. Il s'agit des cultures de décrue auxquelles les cultures de berges sont associées. Dans les premières, les plantations suivent le retrait progressif de l'eau tandis que dans les secondes, l'aménagement est effectué à la morte-saison, lorsque la crue s'est retirée. Les cultures de décrue nécessitent très peu d'aménagements surtout lorsqu'elles sont réservées à des plantes aquatiques comme le riz ou le taro. Les cultures de berges s'appuient sur des aménagements sommaires, renouvelés tous les ans. Bien souvent, il faut l'avouer, ces deux modes de culture sont intriqués et bien difficiles à distinguer.

Le deuxième chapitre présente un autre groupe d'agricultures qui réclament généralement peu d'aménagements, transforment faiblement le milieu et se déroulent au sein même des lacs et des cours d'eau. Certaines, comme les jardins flottants démontrent qu'une forte intensité culturelle peut se conjuguer avec une artificialisation réduite et un outillage rudimentaire. D'autres, comme les *chinampas* du Mexique représentent au contraire une agriculture intensive aboutissant à l'aménagement complexe d'un lac peu profond. Ce qui distingue ces agricultures, c'est qu'elles sont toujours menées au ras d'une eau permanente, tout au moins durant le cycle cultural. Elles annoncent l'exploitation permanente des marais, dont les *chinampas*, d'ailleurs, en sont l'un des exemples.

Le troisième chapitre aborde des aménagements plus importants qui, au fil du temps, aboutissent parfois à des paysages anthropisés impressionnants. C'est le grand groupe des hortillonnages et des techniques associées, dont les fonctions sont multiples. Il s'agit en effet de drainer l'eau excédentaire des zones marécageuses mais aussi d'assurer une irrigation constante aux plantes. Tous



Mangrove de Nouvelle-Calédonie.

© IRD/P. Laboute

ces ensembles sont fondés sur la succession régulière de planches de culture et de canaux de drainage. Mais certains, comme les *camellones*, se déploient dans des plaines inondables où les canaux ne sont pas toujours en eau alors que d'autres comme les hortillonnages sont installés dans des zones marécageuses où les canaux sont en permanence en eau. Dans quelques milieux, comme les bords des lacs, la distinction est parfois difficile à faire.

Le quatrième chapitre présente quelques exemples d'aménagements complexes observés en milieu humide. Certains, comme le *pasang surut* en Indonésie permet de transformer progressivement et durablement un milieu marécageux en terres cultivables assainies. D'autres s'intègrent à différents modes d'agriculture, comme par exemple la riziculture de mangrove en Casamance qui est étroitement associée à une riziculture irriguée classique. Les derniers associent simultanément ou alternativement l'agriculture et la pisciculture, exploitant de façon intégrée les étangs et les terre-pleins. Ainsi, les étangs de la Dombes et les étangs à digues cultivées en Chine représentent les modes d'aménagement les plus aboutis d'un milieu humide, où l'eau et la terre sont exploitées à part égale. Si des poissons peuvent être élevés dans les canaux des hortillonnages, la pisciculture ne s'y est pas développée et associée à l'agriculture, comme dans ces deux derniers exemples.

Suivre la décrue

**Riziculture de décrue le long
de la rivière Nam Hou au Laos.**



© IRD/B. Moizo

Dans les régions qui présentent une saison des pluies très marquée, les fleuves, les lacs, les cuvettes et les bas-fonds se remplissent puis débordent au moment des pluies. Puis l'eau se retire, laissant subsister en début de saison sèche des mares temporaires et des bras morts qui s'assèchent progressivement. La culture de décrue se pratique sur ces terres exondées, en suivant au fur et à mesure le retrait de l'eau. Les semailles ont lieu très tôt, parfois en fin de saison humide, car les plantes subsistent uniquement grâce à l'eau emmagasinée temporairement dans le sol. La culture de décrue, d'ailleurs, ne convient qu'aux plantes peu sensibles à la sécheresse, comme le sorgho ou le pois-chiche. La pratique du repiquage permet toutefois de mieux suivre le retrait des eaux et de profiter à chaque fois de l'humidité qu'il libère. La culture de décrue revêt des modalités nombreuses en fonction de la saison, du climat, de la topographie, de l'origine de l'eau, de l'amplitude des crues et de la vitesse de son

retrait, de la taille des parcelles et des coutumes de ceux qui la pratiquent.

C'est une culture très ancienne. Quelques-uns des premiers foyers de l'agriculture néolithique se constituent autour des grands fleuves et de leurs crues saisonnières. En Mésopotamie les premiers systèmes de culture apparaissent sur les terres alluvionnées de décrue du Tigre et de l'Euphrate ; en Chine la riziculture aquatique se développe dans les bassins de loess autour du fleuve Jaune. Plus tard, les grandes civilisations hydrauliques de l'Antiquité, dont les plus connues sont celles des Mésopotamiens entre le Tigre et l'Euphrate ou celles de la haute et basse Égypte autour des crues du Nil, émergent de ces milieux. La culture de décrue est pratiquée, souvent dès la préhistoire, dans les cuvettes situées le long des grands fleuves : Danube en Europe, Sénégal, Niger, Zambèze et Zaïre en Afrique, Amazone, Rio São Francisco, Mississippi, ou Colorado en Amérique. On la retrouve dans la

vallée de l'Indus, dans certaines régions côtières du Mexique, en Argentine, dans les vallées côtières du Pérou et sans doute dans bien d'autres régions.

La décrue offre *a priori* d'excellentes conditions agricoles. Les laisses renouvelées annuellement présentent une étendue variable selon l'amplitude de la montée des eaux mais la terre est toujours ameublie et fertilisée par l'inondation et l'apport de sédiments fins. À la décrue, lorsque le sol gorgé d'eau s'assèche progressivement, la vie microbienne dégrade les matières organiques et alimente les cultures en éléments minéraux. Il s'agit donc d'un labour naturel autorisant un repiquage immédiat ou un simple semis à la volée, sans autre préparation du sol. Les mauvaises herbes sont peu abondantes faute de graines dans le sol et les sarclages sont généralement aisés. La mise en œuvre des cultures ne nécessite aucun outillage particulier et la productivité est élevée. Cette agriculture comporte pourtant quelques inconvénients liés pour la plupart au caractère erratique des crues. L'arrivée, l'ampleur et le retrait des eaux sont imprévisibles. Lorsqu'elles sont trop précoces ou trop tardives, tumultueuses ou insuffisantes, elles détruisent les récoltes et engendrent de graves famines. Il faut également se protéger contre un retour de crue toujours possible qui vient noyer les cultures en place. Pour élargir la disponibilité spatiale en eau et tirer un profit maximal de la fertilité, des systèmes variés d'irrigation sont mis en place et la culture de décrue s'est très vite associée à la culture irriguée. Ce type d'agriculture réclame beaucoup de travail et absorbe une main-d'œuvre abondante pour installer puis entretenir différents aménagements destinés à maîtriser au mieux les crues, puis pour semer et repiquer les plantes.

Dans les régions désertiques ou pauvres en ressources naturelles, le long du Tigre, du Sénégal, du Niger et surtout du Nil, la culture de décrue est essentielle pour assurer la subsistance de populations regroupées sur les lisérés fertiles. Une autorité centrale est mise en place pour coordonner la construction des aménagements, régler les conflits hydrauliques et protéger les communautés contre les incursions des nomades vers ces zones prospères. Chargée d'assurer la sécurité agricole en sécurisant les surfaces de vasières, en régulant les fluctuations des crues et en prévenant les raids des nomades, l'autorité cen-

trale accapare bien vite les surplus paysans, devient plus complexe et donne progressivement naissance aux empires antiques.

En dehors des grands fleuves et des grands aménagements entrepris par les sociétés hydrauliques, la culture de décrue est une culture de contre-saison, minoritaire au sein du système agraire dans lequel elle prend place. Comme il s'agit d'une culture de saison sèche, elle complète les productions de saison des pluies comme le mil au Sahel, le riz pluvial en Asie, le maïs et le haricot en Amérique latine. Localisée à quelques endroits propices, elle concerne généralement des parcelles maraîchères dont la surface n'est jamais bien grande. Elle permet de cultiver des plantes à cycle végétatif court et rend viable le système agraire en fournissant aux paysans de quoi manger entre deux récoltes de plantes prédominantes. Elle nécessite peu d'aménagements mais un grand savoir-faire et beaucoup de travail. La main-d'œuvre est familiale et souvent féminine. Dans ces contextes, la culture de décrue est pratiquée par des populations isolées ou marginalisées qui mettent à profit la morte-saison pour tenter d'améliorer leurs ressources alimentaires, leurs revenus ou leur accès à la terre. Dans le nord de Madagascar, la **riziculture de décrue**¹ se pratique par les Sakalaves autour des grandes mares résiduelles après les pluies. Au Sénégal, les paysans exploitent en famille les bras morts qui subsistent après la crue du fleuve pour semer du sorgho à l'aide d'un outillage élémentaire. Elle permet enfin, dans certaines régions, de coloniser des vertisols argileux, comme c'est le cas du **sorgho muskuwaari** qui est repiqué en complément du sorgho pluvial et du coton. De nos jours, la régularisation des cours d'eau par des barrages et le développement des techniques d'irrigation ont entamé la superficie des zones inondables et réduisent l'importance des cultures de décrue. Elle reste pourtant essentielle pour ceux qui survivent parfois grâce à elle.

La culture de berge est proche de la culture de décrue. Elle s'en distingue car elle ne suit pas le retrait des eaux mais s'établit sur les berges exondées après le retrait des eaux et réclame quelques aménagements temporaires.

Généralement, c'est une culture d'appoint qui demande elle aussi un grand travail et un arrosage à la main dès que la terre est desséchée. La technique des **tecalli**, au Mexique, en est un des nombreux exemples. Parfois, la culture de berge est dominante et s'associe à une culture

¹ Les mots en couleurs dans le texte signalent un renvoi aux fiches.

sur défriche brûlis, à la pêche, à la chasse ou à la cueillette, selon les configurations locales. On peut citer en exemple la culture menée par les populations des plaines inondées du Pérou amazonien (HIRAOKA, 1985). Les groupes d'Indiens acculturés résidant dans la région de San Jorge (Pérou) cultivent ainsi chaque année les terres inondées par les crues de l'Amazonie, au moment de son retrait. Les semailles commencent en mai, juste après que les eaux se soient retirées, et sont rapidement menées car la décrue ne dure pas plus d'un mois. On plante dans les boues humides le maïs, les haricots, le riz, le melon et l'arachide. Les parcelles sont de petite taille, multiples et souvent éloignées, ce qui oblige les paysans à un labeur bien organisé et intense, durant toute la saison de culture.

Des bancs de sable apparaissent parfois dans le lit des grands fleuves et sont mis à profit pour l'agriculture. Ainsi, en Chine du Sud, le lit du Yangzi laisse à découvert de nombreux bancs de sable. Certains, vastes au point d'accueillir quelques maisons, sont aménagés pour la culture du riz. C'est une forme simple de champs poldérisés, protégés des crues par une digue circulaire et drainés par de nombreux canaux qui assurent accessoirement l'irrigation des plantes en saison sèche. D'autres sont plus petits et disparaissent souvent au milieu du fleuve, submergés et déplacés par la crue. Ces **jardins de sable** plantés dans le lit du fleuve ne sont pas affectés par les crues et les sécheresses et assurent des récoltes constantes... jusqu'à leur disparition !

Nomenclature

La riziculture de décrue désigne les modes de culture du riz où la mise en place des plantations se fait en suivant la décrue des eaux. Elle est singulière car elle s'adresse à une plante aquatique, le riz, qui tire normalement avantage de l'inondation elle-même. À Madagascar, le riz ainsi produit se nomme *vary amin'ny ranovory* (c'est-à-dire le riz de décrue) ou *vary ranovory*.

Localisation géographique

Ce type de riziculture est pratiqué dans l'ouest de Madagascar sur les bords des lacs de la basse Tsiribihina (province de Mahajanga). Il y a quelques décennies, il était plus développé qu'aujourd'hui, dans les conditions particulières qui avaient cours avant l'indépendance du pays.

Situé près de la côte ouest de Madagascar, la vallée de la Tsiribihina jouit d'un climat chaud avec une température moyenne annuelle de 26 °C. La hauteur des pluies de décembre à mars varie de 800 mm à 1 000 mm, provoquant l'inondation de la zone. De nombreuses dépressions marginales sont occupées par des lacs se répartissant de part et d'autre de la Tsiribihina et de ses méandres. Ces dépressions communiquent avec le fleuve par des chenaux qui

traversent le bourrelet de berge. Ils se remplissent à la saison des pluies, et se vident lentement en saison sèche (MARCHAL et DANDOUY, 1972). Dans cette vallée, le lac Bemarivo s'étend sur 5 000 ha, coupé de la Tsiribihina par ses bourrelets de berge puis par des terrasses inondables, son seul exutoire étant la rivière Kindroma qui se déverse dans la Tsiribihina. Durant la saison des pluies, les eaux de la rivière Kindroma remplissent le lac. Les sols des terrasses inondables, siège privilégié de la culture de décrue, sont de type hydromorphe, argilo-limoneux.

Région de Bemarivo
(d'après MARCHAL et DANDOUY, 1972).





© IRD/J. Itiss

Riziculture de décrue dans le delta de la Tsiribihina (Madagascar).

Conduite technique

Dans les vallées inondables (*baiboho*) du Bemarivo et de la Tsiribihina, des lacs temporaires se remplissent chaque année en saison des pluies, tandis que le lac Bemarivo lui-même se gonfle, alourdi des eaux de la Kindroma. Puis, en saison sèche, les eaux se retirent progressivement et mettent à nu des vasières dans lesquelles les paysans installent aussitôt des pépinières, selon le procédé appelé « *dokodoko* ». En mai, au début de la saison sèche, une simple diguette est élevée sur une parcelle de quelques mètres carrés, située en bordure de l'eau, afin de retenir l'eau qui se retire. Le riz y est semé en semis dense. Trois semaines plus tard, en juin, la pépinière est repiquée sur une nouvelle parcelle aménagée à la limite du lac, selon la même technique. Le processus se répète une ou deux fois encore, en déplaçant à chaque fois la pépinière jusqu'au repiquage définitif dans le lac résiduel. En octobre, la récolte a lieu sur un terrain devenu sec. Le rendement de cette culture sans labour ni engrais atteint deux tonnes par hectare, ce qui est appréciable. Mais le renouvellement régulier des repiquages nécessite beaucoup de travail et, par conséquent, une main-d'œuvre suffisante.

Histoire et société

À l'origine, le riz *vary amin'ny ranovory* est traditionnellement cultivé par les éleveurs Sakalava, autour des lacs situés sur leur territoire. C'est pour eux un appoint alimentaire puisque les troupeaux constituent leur principale source de revenus. Au moment de la colonisation du pays, ces régions de pâturage en apparence peu exploitées attirent les investisseurs et, dans les années 1930, des concessions sont octroyées aux grandes compagnies coloniales, comme la Seita, pour produire du coton et du tabac sans irrigation car la nappe phréatique superficielle se lève et s'abaisse au rythme des cuvettes de débordement. La productivité de ces deux cultures est par conséquent excellente.

Les compagnies coloniales refoulent progressivement vers les collines avoisinantes ou vers d'autres régions peu peuplées, les communautés d'éleveurs qui, par la force des choses, délaissent leurs lacs et le riz de décrue. Or, des migrants apparaissent dans le sillage des grandes compagnies coloniales. Ils cherchent à la fois à acquérir les terres libérées par les éleveurs et non occupées par les grandes exploitations, et à pallier les maigres performances de leur propre culture, celle du *vary asara* (ou riz de saison des pluies). Ils s'intéressent très vite à la riziculture de décrue autour des lacs, technique qu'ils commencent à pratiquer avec profit. Leur succès est tel que, bientôt, les compagnies finissent par suspendre les

contrats des épouses d'ouvriers en saison sèche afin de libérer ainsi une force de travail prête à s'impliquer dans les repiquages successifs.

La riziculture de décrue conduite par les épouses d'ouvriers et les immigrants est compréhensible dans la mesure où elle se pratique durant des périodes de disponibilité, et dans la mesure où ces milieux humides ont été libérés par ses occupants traditionnels. En revanche, il est plus délicat de comprendre pourquoi les Sakalaves l'ont pratiquée car les repiquages successifs demandent beaucoup de travail par rapport à d'autres rizicultures comme celle du riz flottant. Mais les éleveurs devaient de toute façon se regrouper dans le *baiboho* en début de saison sèche, pour faire bénéficier leurs troupeaux d'un pâturage encore possible dans ces zones où l'humidité persiste plus longtemps qu'ailleurs. De plus, la riziculture flottante est moins prenante que la culture de décrue, mais elle est moins rentable.

La colonisation a ouvert des routes et des marchés et les anciens carcans en place depuis

l'avènement du royaume Merina se sont relâchés. De plus, l'abaissement des anciennes taxes a incité les paysans à produire à des fins commerciales. La riziculture de décrue a donc été le produit d'une configuration sociale de salariat agricole, d'émancipation sociale des communautés d'origine et d'appropriation des vasières (le piquetage des parcelles au centre de certains lacs signale l'appropriation de son usage) sous le couvert de la paix et des grandes concessions coloniales. La riziculture de décrue a décliné en raison de la quantité de travail demandé et de l'impossibilité d'intensifier les cultures. Pourtant, dans la région du lac Bemarivo, elle est toujours pratiquée, intercalée entre la culture du riz de saison des pluies (*vary tsipala*), la plus productive, et celle du riz de saison sèche (*vary be*).

Références

LAPAIRE, 1976 ; LE BOURDIEC, 1980 ; MARCHAL et DANDOY, 1972 ; NEUVY, 1981 ; RAISON, 1984 ; RATSIMBAZAFY, 1967.

Le sorgho de décrue dans la vallée du Sénégal

Nomenclature

Le sorgho de décrue se cultive en début de saison sèche, dans des terres exondées, encore gorgées d'eau par leur submersion prolongée en saison des pluies. Bien adapté aux zones à disponibilité en eau contrastée au cours de l'année, où l'abondance d'eau alterne avec une longue période de sécheresse, il permet une utilisation différée de la ressource. Ainsi, la plante se développe sans pluie, puisant, grâce à son système racinaire profond, l'eau emmagasinée dans le sol.

Dans la vallée du fleuve Sénégal, le sorgho de décrue se singularise par l'absence de repiquage. Appelé localement *samme*¹, il se sème dès le retrait de l'eau, dans des cuvettes de décrue – dénommées *kolangal* – du lit majeur ou *waalo*. Le faible investissement en travail du semis direct autorise l'ensemencement rapide de vastes étendues, au rythme de la décrue.

Cette pratique se différencie des sorghos repiqués, « *muskuwaari* » au nord du Cameroun, « *masakwa* » au Nigeria et « *berbere* » au Tchad. Elle se distingue aussi de formes non strictement de décrue, car à cheval sur la saison des pluies et sur la saison sèche, tels le sorgho « *baburi* » au nord du Cameroun, repiqué en fin de saison des pluies, et le sorgho « *kobeye* » dans le delta intérieur du fleuve Niger qui, semé ou repiqué après la décrue de fin de saison sèche, achève son cycle en saison des pluies.

Localisation géographique

La vaste plaine alluviale, en moyenne vallée du fleuve Sénégal, représente le domaine de prédilection du sorgho de décrue. Cette plaine, dont la densité démographique varie de 5 à 50 hab./km², s'étend sur plus de 400 kilomètres, de l'aval de Bakel à Richard-Toll. De 10 à 25 km de large, elle couvre plus de 800 000 hectares. Le fleuve suit une pente très douce (1 à 2 cm par km) et dessine de nombreux méandres, d'où un faible écoulement des eaux.

Les parties déprimées du lit majeur forment de nombreuses cuvettes, propices à la culture du sorgho. Leurs sols argileux proviennent de la décantation des eaux de crue, par précipitation des éléments en suspension et en solution. Ces sols *hollalde*, de teinte brun foncé à brun clair, lourds et peu perméables, sont profonds (0,50 à 3 m).

Le climat est de type sahélien. Une steppe à épineux couvre le sol par endroits. Les températures vont de 15° en janvier à 45 °C en juin. L'évaporation et l'évapotranspiration potentielle se montrent élevées. Les pluies annuelles oscillent entre 200 et 700 mm, concentrées sur deux mois. Mais cette pluviosité locale ne

joue qu'un rôle mineur sur le niveau du fleuve. Les précipitations importantes dans les massifs du haut bassin, dans le Fouta-Djalou en Guinée, déclenchent la crue annuelle et déterminent son ampleur.

La crue conditionne les surfaces exploitables pour le sorgho de décrue. Quatre facteurs entrent en jeu : la durée de la submersion, la hauteur des eaux, la vitesse et la date de leur retrait. Une grande variabilité caractérise l'inondation et explique les fluctuations importantes des superficies en sorgho de décrue.

Conduite technique

Deux critères guident le choix d'un terrain pour la culture du sorgho. Une submersion suffisamment longue – 3 à 4 semaines – est nécessaire. Mais le retrait ne doit pas être trop tardif, pour assurer la floraison avant l'arrivée des vents chauds.

Le niveau de l'eau dépend de la décrue du fleuve, de l'évaporation de l'eau et de son infiltration, qui provoque l'engorgement du sol. La vidange rapide d'une cuvette permet l'ensemencement de vastes étendues. Lorsque l'eau se trouve piégée dans une zone basse, elle forme une mare, qui se résorbe progressive-

¹ Les termes vernaculaires en italiques sont en *pulaar*, le dialecte peul de la vallée du Sénégal. Pour simplifier, seul le singulier est utilisé. Les mots dans d'autres langues ou dialectes figurent entre guillemets.

ment (photos 1 et 2). Dans ce cas, le semis s'échelonne sur plusieurs semaines, au fur et à mesure de la baisse de l'eau, en bandes concentriques. Le semis ne se fait jamais en boue, mais doit attendre le ressuyage de la surface, soit une à deux semaines après la décrue. Une croûte superficielle se forme alors.

La culture du sorgho se décompose en quatre opérations : le semis, le sarclo-binage, la protection de la culture, la récolte. Le semis requiert trois personnes et obéit à une stricte division du travail, que traduit l'utilisation de trois outils spécifiques. La grande houe, appelée *tongu* ou *njinndanngu*, comprend un manche en bois fourchu, renforcé par une ligature en cuir, sur lequel s'emboîte un fer tranchant, transversal au manche. Le *luugal*, long bois sculpté ressemblant à un pilon, orné de plusieurs renflements et à l'extrémité inférieure pointue, sert de plantoir. La petite cale-basse ou *horde*, contient la semence.

Le semis se réalise généralement en novembre. La photo 1 visualise le rituel de ce chantier. Tout d'abord, un homme – généralement le chef de famille – armé de la grande houe, découpe la croûte superficielle, créant une petite excavation dans le sol. Une femme – souvent son épouse – y perce un trou, en abaissant avec force le grand plantoir. Une jeune fille puise dans la calebasse une pincée de graines, qu'elle jette dans le trou. Souvent, des graines de haricot niébé sont ajoutées dans quelques poquets. Parfois, un quatrième opérateur recouvre la semence d'une poignée de terre fine.

L'entretien se borne à un passage avec la *woronge*, houe à manche court, pour combiner sarclage et binage. Les herbes sont enlevées à ce moment-là et aucun travail du sol ne se fait avant le chantier de semis.

La défense de la culture joue un rôle primordial dans la réussite du sorgho de décrue. Une clôture de branchages d'épineux (premier plan de la photo 2) interdit au bétail l'accès de la cuvette de sorgho. À partir de l'épiaison, la lutte contre les oiseaux s'avère indispensable, pour limiter leurs ravages. Il est fréquent de voir les panicules en bordure de cuvette protégées par des feuilles de sorgho, des herbes, des morceaux de plastique ou de tissu (photo 3). Le gardiennage, permanent durant la journée, revient surtout aux enfants. Ils chassent les nuages d'oiseaux, par des cris, en frappant des objets métalliques et à la fronde (photo 4).

La récolte s'étire de fin février à mi-avril. Le pédoncule se coupe à la faucille (photo 5). Après séchage et regroupement des panicules

en tas, la production s'évalue en volume, au moyen de paniers ou de bassines. Les plus beaux épis sont mis de côté pour le semis de l'année suivante. La récolte se fait par cuvette entière sur une brève période ; selon la date du semis, les pieds de sorgho ont alors une maturité hétérogène. Les pieds les plus tardifs se coupent en vert, pour nourrir les petits ruminants d'embouche domestique. Le battage avec des bâtons – par les hommes – et le vannage – par les femmes – bouclent l'itinéraire technique. Une cuvette récoltée se voit alors abandonnée à la vaine pâture.

Le sorgho de décrue compte de nombreux avantages pour les populations de la vallée du fleuve Sénégal. Il valorise de vastes terres, fertilisées par les crues, tout en permettant une culture de saison sèche. Il affranchit de la pluviosité locale, faible et capricieuse. Il écarte tout risque économique. En effet, non seulement l'investissement en travail demeure réduit, mais il ne s'effectue qu'une fois les conditions hydrologiques connues. Surtout, le sorgho de décrue ne demande pas d'investissement financier : aucun aménagement, travail exclusivement manuel, pas d'engrais, ni de pesticide.

En revanche, le sorgho de décrue suscite une profonde incertitude, par sa dépendance vis-à-vis de la crue, imprévisible et d'ampleur très variable d'une année à l'autre. De plus, sa forte extensivité (de 1 à 10 quintaux à l'hectare) suppose de vastes superficies.

Histoire et société

Le sorgho de décrue se cultive depuis des siècles, sur les deux rives du fleuve Sénégal, selon des techniques qui semblent immuables. Il se rencontre dans l'ensemble de la moyenne vallée du Sénégal, depuis les Soninkés en amont jusqu'aux Wolofs en aval, sans oublier les Maures. Mais ce sont les Toucouleurs et, dans une moindre part, les Peuls, qui lui réservent la place la plus importante. Jusque dans les années 1970, cette céréale représente leur principale production et leur première source alimentaire.

Chaque année, un mouvement pendulaire se cale sur les saisons, avec une dualité de résidences et d'aires de culture. En saison des pluies, le mil *sunu* se cultive dans le *jeeri*, plateau sableux qui surplombe la plaine alluviale. En saison sèche, de nombreux villages se déplacent pour plusieurs mois à proximité de leurs cuvettes de décrue, pour y semer le sorgho. Sur les berges (*falo*) se pratique un jardinage : maïs, niébé, patate douce, tomate.



1 – Chantier de semis

Le chef de famille découpe la croûte du sol avec la grande houe *tongu*, sa femme perce un trou avec le plantoir *luugal*, sa fille y dépose sept graines de sorgho.



2 – Sarclage-binage

Clôture d'épineux au 1^{er} plan, sarclage et binage du sorgho au 2^e plan, mare en cours de résorption au 3^e plan.



3 et 4 – Lutte contre les oiseaux

Emmaillotage des panicules, chasse des oiseaux à la fronde.



5 – Récolte à la faucille



Avant les premières pluies suivantes, une migration inverse permet de préparer les futures parcelles de saison des pluies.

Plusieurs textes attestent l'ancienneté de la culture de décrue dans la vallée du Sénégal. Dès le ^x^e siècle, l'érudit et encyclopédiste arabo-andalou Abou Oubayd Al Bakri signale que ses habitants sèment deux fois par an, la première pendant la saison de la crue du Sénégal, la seconde plus tard dans la terre qui a gardé son humidité. En 1675, Louis Moreau de Chambonneau, représentant de la Compagnie du Sénégal sous Louis XIV, évoque également un double semis annuel, celui du mil en juin et celui du sorgho après que les eaux soient tout à fait retirées. En février 1818, l'explorateur Gaspard Théodore Mollien mentionne des plantations de sorgho à la végétation vigoureuse, sur les terres alluviales. En novembre 1824, l'explorateur René Caillié s'étonne de la manière « vicieuse » mais qui donne peu de peine, de semer le sorgho, quand les eaux du fleuve commencent à baisser : trous faits avec un grand piquet, trois ou quatre grains mis dans chaque trou. En 1918, Yves Henry, directeur de l'Agriculture aux colonies, décrit la culture du sorgho dans la Vallée, sur les terres fortement mouillées par la crue. L'itinéraire technique que détaille l'agronome Jacques Maynard en 1957 correspond exactement aux pratiques actuelles.

La culture du sorgho de décrue reflète la stricte hiérarchie sociale de la société toucouleur, qui se stratifie, depuis la classe dominante et majoritaire des *torodo*, jusqu'aux descendants de captifs (*maccudo*), en passant par les hommes libres de statut inférieur, généralement regroupés en castes, ancrées sur un monopole professionnel (pêche, travail du métal, du bois, du cuir, tissage, griots). L'accès aux cuvettes de décantation révèle l'inégalité sociale et économique de la population toucouleur, avec une rude disparité dans les droits fonciers. À l'opposé des bénéficiaires de grandes étendues dans le lit majeur, les catégories du bas de l'échelle sociale ne peuvent y accéder qu'à travers le *rempeccen*, une forme de métayage.

À partir de 1972, la société toucouleur engage une profonde mutation agraire. Le système de production, qui sous-tend cette organisation inégalitaire, s'effondre. Plusieurs années de grave sécheresse et de crues faibles² sapent les deux piliers de l'économie agricole que sont le sorgho de décrue et le mil d'hivernage.

Le riz les supplante. L'introduction de l'agriculture irriguée sécurise l'activité agricole, grâce à la maîtrise de l'eau. L'attribution des parcelles irriguées se fait de manière égalitaire, ignorant les contextes social et foncier. Deux barrages assurent une disponibilité abondante en eau tout au long de l'année : celui de Diama, construit en 1986 près de l'embouchure, empêche la remontée de l'eau de mer, et celui de Manantali un an plus tard en amont stocke une partie de la crue (cf. carte). Trois cycles annuels de culture peuvent ainsi se succéder.

Le sorgho de décrue se voit-il exclu de ce nouveau système agraire ? Oui : pendant une vingtaine d'années, il subsiste en tant que trace du système antérieur. Soudain, il ressurgit en 1994. L'année suivante, le succès est tel que, dans la moitié occidentale du département de Podor, les superficies de sorgho surpassent celles relevées en 1970, avant la période de sécheresse. Nous nous appuyons sur quatre villages de cette zone : Ngoolé, Ouro-Madio, Guédé-Village, Nguendar. En 1995, le sorgho y occupe la moitié de l'ensemble des superficies cultivées, avec 14 ares par habitant et 1,3 hectare par exploitation.

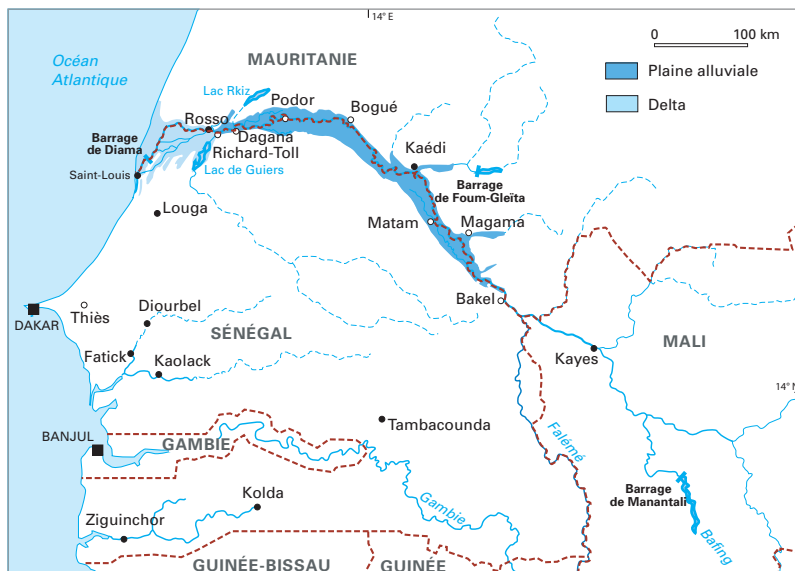
Si la reprise des crues, soutenues par des lâchers au barrage de Manantali, redonne accès aux cuvettes de décrue, ce regain du sorgho s'explique également par d'autres motivations. Tout d'abord, le sorgho de décrue agit comme marqueur foncier, qui permet de réactualiser et de réaffirmer les droits coutumiers d'accès à la terre, mis à mal par la répartition des périmètres irrigués. En deuxième lieu, il délivre du risque économique que l'agriculture irriguée introduit par le recours à l'emprunt, pour payer le coût hydraulique et les façons culturales motorisées, pour acheter les engrais, les désherbants et les produits de traitement. L'endettement – amplifié par la dégradation du contexte rizicole, suite à la dévaluation du franc CFA le 12 janvier 1994, puis à la libéralisation de cette filière – barre la route du crédit aux membres de nombreux périmètres irrigués. De plus, le sorgho de décrue écarte les problèmes générés par la gestion collective des périmètres irrigués, brutalement transférée aux organisations paysannes, suite au désengagement de l'État. Enfin, cette céréale appréciée perpétue les anciennes habitudes alimentaires.

Pourtant, sorgho de décrue et agriculture irriguée se concurrencent. Une rivalité spatiale se

² En 22 ans, de 1972 à 1993 inclus, seules 3 bonnes crues surviennent : 1974, 1975, 1988.



La vallée du fleuve Sénégal.



fait jour : la majeure partie des périmètres irrigués occupe des terres jadis affectées au sorgho de décrue, l'endiguement les protégeant des crues stérilise de vastes pans de la plaine alluviale, ce qui interdit ou limite la culture du sorgho. Les deux types de culture entrent aussi en compétition dans le calendrier de travail : le semis du sorgho coïncide avec la récolte du riz d'hivernage, la récolte du sorgho avec la mise en place du riz de contre-saison chaude.

Ce succès inattendu n'a pas levé les deux contraintes majeures qui pèsent sur le sorgho de décrue. L'incertitude empêche toute programmation de la part des agriculteurs, la crue demeurant ignorée à l'avance. Aucune publicité n'est faite sur l'arrivée de l'onde de crue, pourtant connue quelques semaines auparavant, du fait de sa lente propagation. En 1996 et en 1997, les superficies de sorgho chutent sévèrement, pour remonter en 1998, avec des surfaces supérieures à celle de 1995. Dans les quatre villages du département de Podor, la superficie de sorgho de décrue par habitant est de 1 are en 1996, 3 ares en 1997, 18 ares en 1998. En 1999, l'ampleur de la crue, pourtant atténuée par le barrage de Manantali, est telle qu'elle provoque de nombreux dégâts, dans certains villages et sur plusieurs aménagements hydro-agricoles. Suivent trois années médiocres, puis une bonne crue en 2003. Mi-2002, un nouvel élément intervient dans la gestion du barrage de Manantali : la mise en service des turbines pour la production électrique, au profit du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal. En cas de mauvaise pluviosité dans le haut bassin, le dilemme s'avère cruel, entre un soutien de crue et la crainte d'hypothéquer la production électrique des mois futurs. Pour la première fois, l'arbitrage s'opère en 2004 : le

barrage retient toute l'eau en saison des pluies et il n'y a pas de culture de décrue cette année-là. De fait, le calcul économique ne se montre guère en faveur de la culture extensive du sorgho.

Cette extensivité constitue la seconde contrainte du sorgho de décrue. Même si, les bonnes années, il représente une part importante des surfaces exploitées, il ne contribue que modestement au revenu agricole. En 1998, alors que le sorgho de décrue couvre 54 % des surfaces cultivées par les quatre villages du département, il ne participe qu'au dixième du revenu agricole dans un échantillon représentatif de 132 exploitations. Certes, des aménagements légers permettraient de faciliter la pénétration de la crue, d'en allonger la durée ou d'en accélérer la vidange. Avec des apports d'engrais et l'achat de semences sélectionnées, ils amélioreraient les performances du sorgho. Mais ces investissements briseraient la clé du succès de cette pratique culturale, par les problèmes de coût, d'entretien et de gestion collective qu'ils introduiraient.

En réalité, culture de décrue et agriculture irriguée appartiennent à deux sphères différentes, qui se juxtaposent au sein du nouveau système agraire. Ces deux formes de culture interfèrent peu. Le sorgho de décrue ne réapparaît pas au détriment des cultures irriguées, comme le révèle l'absence de liaison négative entre eux. Ainsi, le coefficient de corrélation, entre les superficies irriguées et celles en sorgho de décrue par exploitation, s'avère légèrement positif (0,2) dans les six cents exploitations des quatre villages, pour l'ensemble des quatre années contrastées 1995 à 1998. Le sorgho est

tributaire de la crue ; les cultures irriguées reposent sur l'accès au crédit.

Quel avenir envisager pour le sorgho de décrue dans la vallée du Sénégal ? Il dépend de la gestion du barrage de Manantali, qui tente de concilier différents objectifs. La production d'électricité se montre compatible avec les besoins en eau de l'agriculture irriguée, mais elle entre en concurrence avec la culture de décrue. Quoique la décision ne soit pas définitivement arrêtée par les trois pays impliqués, un compromis se dessine : un soutien de crue fin août assure une surface minimale de sorgho si le barrage est suffisamment rempli. En dessous d'une certaine cote du plan d'eau dans la retenue, la culture de décrue se voit sacrifiée au profit de la production électrique, comme c'est le cas en 2004.

En dépit de l'incertitude et de la grande variabilité qui le caractérisent, le sorgho de décrue peut encore avoir un horizon devant lui. Le ballet majestueux de la grande houe *tongu* et du long plantoir *luugal*, le chant des enfants qui surveillent les vastes cuvettes *kolangal*, continueront probablement à rythmer les années favorables.

Références

BADER *et al.*, 2003 ; BOUTILLIER *et al.*, 1962 ; BOUTILLIER et SCHMITZ 1987 ; CAILLIÉ, 1996 ; DELOLME, 1937 ; HENRY, 1918 ; LERICOLLAIS et SCHMITZ, 1984 ; LERICOLLAIS, 1997 ; LE ROY, 2000 ; MAYMARD, 1957 ; MICHEL, 1973 ; MOLLIE, 1967 ; RITCHIE, 1967 ; RIVIÈRE-HONEGGER et RUF, 2000 ; SLANE, 1965.

Les sorghos repiqués *muskuwaari* au Cameroun

Nomenclature

Le terme *muskuwaari* désigne dans le nord du Cameroun des sorghos repiqués de contre-saison. Au Nigeria, on parle de *masakwa* et, au Tchad, de *berbere*. Ce sont des variétés de *Sorghum durra* et *durra caudatum* à tiges courtes, aux panicules semi-compactes à compactes et à pédoncule droit ou croisé. Quoique typés, ces sorghos se caractérisent par une grande hétérogénéité.

Occupant des vertisols jusqu'alors incultes, cette culture a permis le développement du coton dans le Nord-Cameroun à partir de 1955. Elle dégagait de bonnes terres pour les cultures sous pluie tout en favorisant un rattrapage vivrier. De plus, le *muskuwaari* s'insère au mieux dans le calendrier agricole, en le prolongeant. L'accroissement spectaculaire de cette culture de saison sèche a revêtu de 1955 à 1975 les traits d'une véritable révolution verte. Les programmes de développement ne l'ont pourtant pas accompagnée et n'ont que tardivement, dans les années 1990, manifesté leur intérêt.

Localisation géographique

Ce sont les Kanuri, population du Bornou (Nigeria) qui, dans les zones amphibies de la région du Balge, ont pu être les « inventeurs » du *masakwa*. Son ancienneté est difficile à préciser, car la technique du *muskuwaari* a connu des périodes d'expansion et de rétraction. Au XIX^e siècle, le *muskuwaari* s'est diffusé grâce à des Kanuri qui, depuis le Bornou, ont suivi les Peuls dans leurs conquêtes des plaines du Cameroun septentrional. Par la suite, les Peuls, partout présents, assureront sa vulgarisation, lui conférant, jusque dans les années 1960, le rôle de référent identitaire.

Les *muskuwaari* occupent aujourd'hui un large espace du Nigeria au Soudan. Leur domaine climatique dans le bassin du lac Tchad se situe entre les isohyètes 900 et 500 mm. Quant à leur affinité édaphique, elle va aux terres inondables d'argile à montmorillonite couvertes de fentes de retrait pendant les périodes sèches. Ces « terres cassées » sont appelées *karal* en langue peule, et *berbere* en arabe du Tchad. La culture de ces sorghos repiqués se pratique également sur les laisses de certains fleuves.

Conduite technique

Les opérations culturales sont identiques dans toute l'aire des *muskuwaari*, qu'elles se réalisent dès l'arrêt des pluies dans les zones semi-humides des plaines du Diamaré, ou dès le retrait des eaux sur les rives de la Bénoué.

Les pépinières sont mises en place à la fin du mois d'août et produisent des plants en quarante jours, avant l'apparition du premier

noeud. Les plants sont repiqués en octobre, à l'aide d'un plantoir, selon un écartement de 0,80 à 1,20 m, ce qui évite de reprendre l'emplacement des précédents pieds, et à une profondeur de 0,20 à 0,35 m, variant en fonction de l'humidité du sol. Chaque parcelle de *karal* dispose d'un petit puisard aménagé qui retient l'eau pour arroser le plant dès son introduction et limiter ainsi le stress du repiquage. La densité peut atteindre 10 000 plants/ha, avec des rendements de 1 000 kg/ha.

Des stratégies ont été élaborées de longue date comme, par exemple, celle qui consiste à placer, en périphérie de grandes soles de sorghos repiqués, des variétés amères ou à grains irisés qui dissuadent les attaques aviaires, protégeant au centre les meilleures variétés de *muskuwaari*.

La fertilité de ces couches d'argile n'est pas limitative, seule importe la quantité d'eau tombée, si bien que tout va se jouer sur la façon de retenir l'eau des pluies. On essaie de la piéger par des casiers de diguettes, de plus en plus serrés en allant vers les zones de topographie haute, et cela sur des dizaines, voire des centaines, d'hectares en continu. Cette contention en eau favorise la venue de certaines graminées, que l'on va démultiplier en ensemençant ces *karal* en *Setaria* sp., ce qui conduit à un couvert graminéen mono-spécifique anthropisé. Cette végétation herbacée dense crée une forme de « jachère dérobée » qui, fauchée après la fin des pluies, va rapidement sécher. Intervient alors un savant brûlis produisant un feu rapide qui éradiquera les adventices. On récolte, pour cela, une graminée qui servira d'étope, *Loudetia*

togoensis. Celle-ci croît en peuplement pur, sur des sols halomorphes incultes qui forment des îlots au sein des espaces de *karal*. Un bon brûlis évitera tout sarclage ultérieur. Mais cette culture accapare de nombreux pâturages potentiels. Les autorités traditionnelles veillent, en effet, au retrait total des troupeaux pendant la saison des pluies, afin d'éviter le piétinement des diguettes et le tassement de la terre. Les troupeaux réinvestiront les *karal* après la récolte des *muskuwaari*, vers mi-janvier, mi-février. Des variétés dominantes, comme le *safraari*, produisent une canne sucrée, particulièrement appréciée par le bétail et qui fait même l'objet d'une commercialisation.

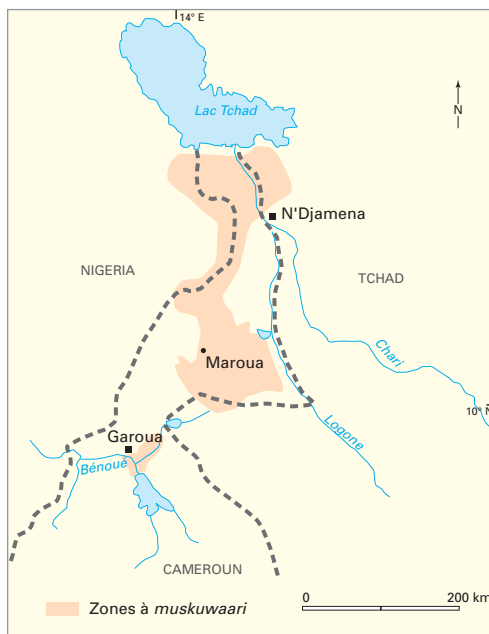
L'avenir de la « mouskouariculture »

Depuis le début des années 1980, le pivot de l'agrosystème dans les plaines du Diamaré n'est plus le coton, mais le *muskuwaari*. La concurrence inexorable du maïs venu du sud, qui fait reculer les sorghos sous pluie, ne le concerne pas. Le *muskuwaari* est, de plus, gratifié d'un bon pouvoir de conservation. Gustativement apprécié des consommateurs, il ne cesse de progresser. Culture sûre en ce qu'elle n'est pas tributaire des pluies, elle a néanmoins besoin de fraîcheur en décembre-janvier au moment de l'épiaison. Son intérêt est tel qu'en 2005 des rogations ont eu lieu dans les mosquées du Diamaré pour « faire venir le froid » et l'harmattan.

On ne peut que souligner l'étonnante plasticité et le pouvoir d'adaptation de la culture des *muskuwaari*. Elle s'empare de sols à simple affinité vertique qui se trouvent comme « apprivoisés ». Aussi s'éloigne-t-on de plus en plus des premiers *karal* d'élection des sorghos repiqués, ce qui retarde d'autant la suppression foncière annoncée. La culture du *karal* est néanmoins victime de son succès et le prix de la « corde » (= 1/4 d'ha) ne cesse de croître. Avec l'évolution des moyens de transport, les parcelles de *karal* sont plus souvent dissociées des terroirs. Paysans et citadins louent et achètent des parcelles parfois fort loin.

Cette culture fait aussi l'objet de critiques car elle présente des traits qui la rendraient préjudiciable à l'environnement. Elle s'accompagne, en effet, non seulement d'une éradication des ligneux sur les parcelles pour limiter la concurrence pour l'eau, mais aussi en bordure des surfaces emblavées afin que les arbres ne servent pas de reposoirs aux vols d'oiseaux granivores attirés par l'unique culture de saison sèche.

Cette inquiétude est renforcée, depuis 2000, par l'arrivée, dans l'aire des *muskuwaari*, des



Le sorgho repiqué dans le nord du Cameroun

pesticides et surtout des herbicides. Le goulot d'étranglement de la culture a toujours été la mise en place rapide du brûlis/repiquage. Il fallait, pour cela, une main-d'œuvre salariée abondante, qui correspondait au gros des dépenses des exploitations. Les herbicides, passés de la spéculation cotonnière à la culture des *muskuwaari*, permettent, par leur rapidité d'exécution, de limiter ce recrutement et de réaliser de substantielles économies.

De 2000 à 2005, les « mouskouariculteurs » se lancent dans des essais divers. Certains sont « tout herbicide », d'autres pratiquent un traitement une année sur deux ou trois, afin de ne pas compromettre le renouvellement du tapis graminéen, seul garant contre l'érosion. C'est toute une paysannerie qui teste et s'interroge, mobilisant tous ses savoirs sur les *musku-*

waari, confrontés à cette nouvelle donne : l'herbicide. Elle cherche, année après année, à trouver l'invariant caché...

Le nord du Cameroun ne peut se passer de la culture de ses sorghos repiqués, mais le défi technique actuel, joint au spectre d'une crise foncière à court terme, ébranle la confiance

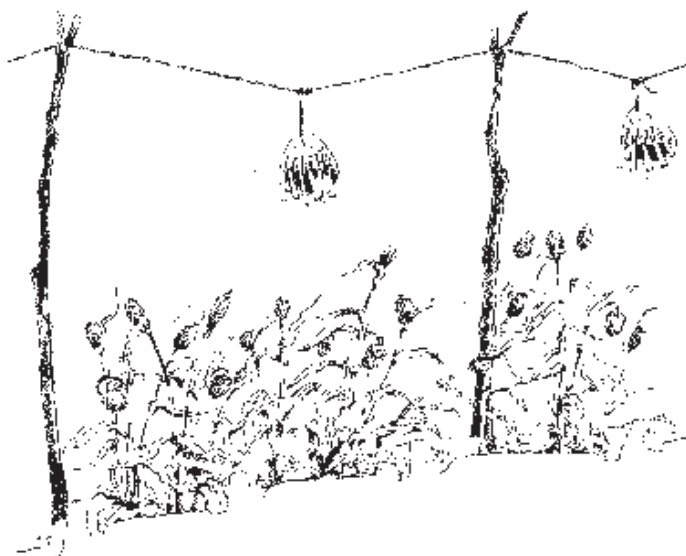
que le paysan plaçait, il y a peu encore, dans son *muskuwaari*.

Références

KIRSCHT, 2001 ; MATHIEU, 2000 ; RAIMOND, 1999 ; SEIGNOBOS, 2000.



Muskuwaari dans la région de Maroua.



Muskuwaari sur sol faiblement vertique aménagé avec des diguettes.

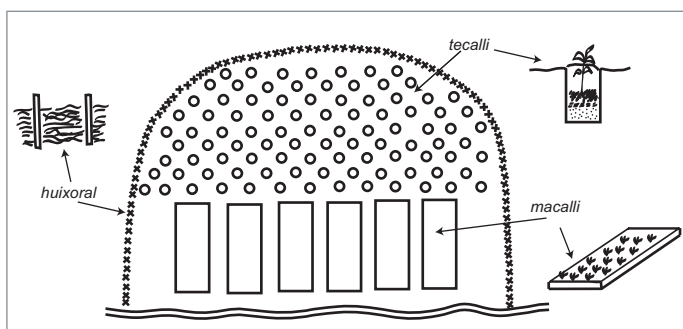
**Schéma des *tecalli* et *macalli*
du Rio Balsas
(adapté de DEL AMO *et al.*, 1988).**

Conduite technique

De novembre à mai (en saison sèche), le niveau d'eau est bas dans le Balsas, libérant une vaste zone sableuse. Cette plage découverte est divisée en sections d'une vingtaine de mètres, représentant chacun un site de culture. Chaque site est clôturé par des branchages d'épineux, le *huixoral*, destinés à protéger les cultures contre les chèvres et le bétail des *rancheros*. Un système de petites tranchées peut y être installé, pour préserver la zone de l'érosion hydrique. En novembre, en début de saison sèche, le sol est préparé à la main, utilisant des pelles, des machettes et des houes. Des planches de culture, de vingt centimètres de haut et de 1,5 m à 3 m de côté, sont alignées perpendiculairement à la rivière. Ce sont les *macalli* (*macall* au singulier) dont les bords sont renforcés par des fascines et des pierres. C'est sur la moitié supérieure de la plage, et donc à l'arrière des *macalli*, que sont creusés les *tecalli* proprement dits. Disposés tous les mètres, les trous mesurent de 30 à 40 cm de diamètre et de 40 à 60 cm de profondeur. Enfin, tout à l'arrière on installe des vergers d'arbres fruitiers.

En décembre, une fois les planches installées et les trous creusés, les semailles ont lieu de façon un peu différente dans les *macalli* et les *tecalli*. Dans les *macalli* on sème des graines d'oignon, de coriandre, d'ail, de haricot et de courge ainsi que des boutures de patate douce. Les semences sont couvertes de sable pour réduire l'évaporation et tempérer la chaleur du sol, puis d'un engrais naturel, prélevé dans les fourmilières, et enfin de feuilles de palme qui les protègent des oiseaux et de la chaleur. Ultérieurement, les jeunes plants seront transplantés sur des planches plus larges situées un peu à l'arrière et ils seront de nouveau fertilisés.

Les *tecalli* sont quant à eux successivement comblés avec une couche de sable, une couche d'engrais naturel (fèces de chèvre, d'âne ou de vache) puis encore une couche de sable. Les derniers 10 cm restent vides. On sème dans le trou ainsi rempli melon, pastèque, maïs, haricot, patate douce, tomate, souci,



tournesol et piment, à une profondeur de 5 à 20 cm. Lorsque la plante germe, on ajoute de l'engrais à base de guano de chauve-souris extrait des grottes proches. L'application de l'engrais se fait loin des racines pour éviter de les brûler. Ce fertilisant, de même que celui extrait des fourmilières est d'un usage ancien chez les Indiens. Il est 10 fois plus riche que le fumier de bétail tandis que le matériau issu des fourmilières l'est de deux à quatre fois plus. Un paillage de chaumes de sésame évite aux tiges rampantes des plants de pastèque et de patate douce d'être brûlées sur le sable. L'arrosage n'est pas vraiment nécessaire dans les planches humides situées tout près des berges. Par contre, les planches situées à l'arrière et plus encore les *tecalli* doivent être arrosés quotidiennement à la main, au moyen d'un arrosoir.

Les cultures et les récoltes s'échelonnent jusqu'à la saison des pluies suivantes lorsque le niveau du Balsas remonte et recouvre la plaine inondable. Les paysans retournent alors dans leurs champs principaux où ils sèment le maïs, le sésame et le haricot. Puis, en octobre et novembre ils cultivent les champs situés juste au-dessus de la plaine inondable et produisent encore un peu de maïs ainsi que des pastèques. Un nouveau cycle de *tecalli* commence alors. Étant donné que chacun cultive les plantes de son choix et les associe à sa façon, on note de nombreuses variantes dans la technique des *tecalli*.

Histoire et société

La vallée du Balsas, peuplée depuis près de 20 000 ans, est une très ancienne zone de domestication des plantes. On a ainsi montré que la téosinte (*Zea mays* L subsp. *parviglumis*), l'ancêtre du maïs, y a été domestiquée il y a plus de 7 000 ans² ainsi que le haricot (*Phaseolus vulgaris*) et la courge (*Cucur-*

² MORENO TOSCANO (1968) cité par DEL AMO *et al.* (1988) et traduit par nous.

bita angyrosperma). La vallée est alors occupée par des bandes de chasseurs cueilleurs qui se déplacent le long du Balsas puis se sédentarisent progressivement. Durant le premier millénaire avant Jésus-Christ, la vallée accueille des agriculteurs de la civilisation olmèque, comme en témoignent les ruines de Tlacoztitlán, récemment mises à jour. Au premier millénaire, alors que la civilisation de Teotihuacán domine la Méso-Amérique (400 av. J.-C.-650 apr. J.-C.), la vallée est occupée par les Mezcal qui assurent le commerce interrégional. Après la chute de Teotihuacán sous l'invasion des Mixtèques venus du nord, il faut attendre le XII^e siècle pour qu'un autre groupe nomade, les Aztèques (de langue nahuatl), s'installent après une longue pérégrination dans le bassin de Mexico, fondent Tenochtitlán et dominent la région (PIPERNO et PEARSALL, 1998). Lorsque les Espagnols arrivent, des groupes composites (les Chontales, les Coixcas, les Mixtecos, les Cuitlaltecas, etc.) issus de migrations successives peuplent la vallée, sous la domination des conquérants aztèques.

L'origine des *tecalli* est inconnue mais elle est certainement préhispanique car la technique

est déjà mentionnée en 1579 : *Deux rivières se rejoignent dans ce village. Sur les plages, ils cultivent du maïs, du coton et des melons, et cela, sur des terrains qui restent sans eau après la décrue*. Ce mode de culture, largement répandu en Amérique centrale, aurait été pratiqué tout le long du cours moyen du Balsas, principalement par les Chontales puis les Coixas (de langue nahuatl). Au moment de la conquête, les Espagnols ouvrent des mines et installent de grandes haciendas agropastorales dans la région. Les Indiens y travaillent en masse mais continuent de pratiquer des *tecalli* sur les berges du Balsas, pour leur propre subsistance. En 1949, Armillas observe encore ce mode de culture, le long du Balsas.

Aujourd'hui, ce sont les descendants de ces Indiens, majoritairement de langue nahuatl, qui continuent à pratiquer les trous sur les plages du fleuve. Les communautés indigènes sont très pauvres et vivent dans des hameaux isolés, sans électricité et sans eau. Elles pratiquent presque exclusivement une agriculture de subsistance fondée sur la culture pluviale du maïs et du haricot, en saison humide, complétée en octobre et novembre par une petite agriculture utilisant les condensations atmosphériques. Dans ce contexte, les *tecalli* complètent l'agriculture pluviale de saison des pluies et produisent un maraîchage bienvenu durant la saison sèche. Ils équilibrent donc le système agraire et permettent aux paysans

Autre type de culture de berges sur les rives du São Francisco (Nordeste, Brésil).



© IRD/A. Walter

d'échapper aux disettes des périodes de soudure. La préparation des planches et des trous, les repiquages, l'irrigation quotidienne, le paillage et la recherche des fertilisants réclament une grande force de travail, mais celle-ci est disponible à cette époque, alors que les gros travaux agricoles de l'été sont terminés.

Privés de leurs communaux par l'extension des élevages menés par les *rancheros*, accédant difficilement à des emplois dans les grands ranchs ou en ville, les communautés indiennes mettent ainsi à profit l'oisiveté de la morte-saison pour s'assurer quelques revenus complémentaires en pratiquant un peu d'artisanat et en vendant les surplus de pastèques ou de patates douces cultivés dans les *tecalli*.

Mais l'essentiel de la production, très diversifiée, est consommé par les familles. L'isolement physique de ces populations se double actuellement d'un isolement social, aussi le maintien d'une telle agriculture témoigne en réalité d'une marginalité accrue et d'une réelle pauvreté. Malgré tout, le transfert constant de cette technique, de la période préhispanique jusqu'à nos jours, a permis à des générations de paysans de survivre.

Références

DEL AMO *et al.*, 1988, 2002 ; ARMILLAS, 1949, 1984 ; MORENO TOSCANO, 1968 ; PIPERNO et PEARSALL, 1998.

Nomenclature

On désigne sous ce nom des bancs de sable situés dans le Yangzi et aménagés pour la culture du riz. On les nomme *sha tien* en chinois et *sandfield* en anglais. Certains ont la particularité de migrer au fil de l'eau, c'est-à-dire de disparaître puis de réapparaître éventuellement un peu plus loin. On les nomme alors *han Chiang chih thien* ou « champs disparaissant dans le Yangzi ». Il ne faut pas confondre les jardins de sable aménagés en Chine du Sud avec le paillage de sable et de graviers pratiqué en Chine du Nord (voir Les champs sablés en Chine du Nord). Ils sont peu mentionnés dans la littérature.

Localisation géographique

Ils sont fréquents au sud de la Chine, sur les bancs sableux entourés de roseaux situés sur les berges du Yangzi (ou Yangzijiang ou Chang Jiang) ou entre le Yangzi et le Huai (ou Huai He). Le Huai He, affluent du Huang He (fleuve Jaune), draine vers le sud et le Yangzi une vaste plaine plate dans la province Jiangsu, puis une région couverte d'un lacs de petits canaux, de bras morts, de rivières et d'étangs. La région jouit d'un climat sub-tropical humide et supporte une pluviométrie annuelle de 800 à 1 200 mm. Les pluies violentes, courtes et fréquentes, surviennent au printemps et durant l'été. Des typhons frappent fréquemment la région.

Conduite technique

Le jardin de sable est un des nombreux types de champs poldérisés que l'on rencontre, partout dans le monde, dans les zones basses et marécageuses. Ces îlots de sable au sol fertile sont protégés des crues du Yangzi par une digue de terre, circulaire et assez haute. De larges bosquets de roseaux les bordent et un canal les traverse, permettant d'amener l'eau du fleuve jusqu'au milieu des champs. Quand les pluies sont insuffisantes, ces derniers sont alors irrigués. Au contraire, quand la crue est particuliè-

Le fleuve Yangzi.



© IRD/A. Beaudou



Dans la province Jiangsu en Chine se situe la zone principale des jardins en bancs de sable.

rement importante, un déversoir draine les excédents hydriques vers l'extérieur. À l'intérieur, la parcelle est drainée par un lacs de fossés qui la divise en sections de superficie variable, où l'on cultive le riz. Lorsque l'îlot est vaste et stable, les habitations des paysans sont installées entre les champs et des mûriers sont plantés tout autour. À l'abri des crues et de la sécheresse, les jardins de sable assurent des récoltes constantes en riz, et un petit maraîchage. Parfois, de petits îlots apparaissent et disparaissent dans le Yangzi. Ils sont alors simplement endigués et cultivés le temps de leur présence.

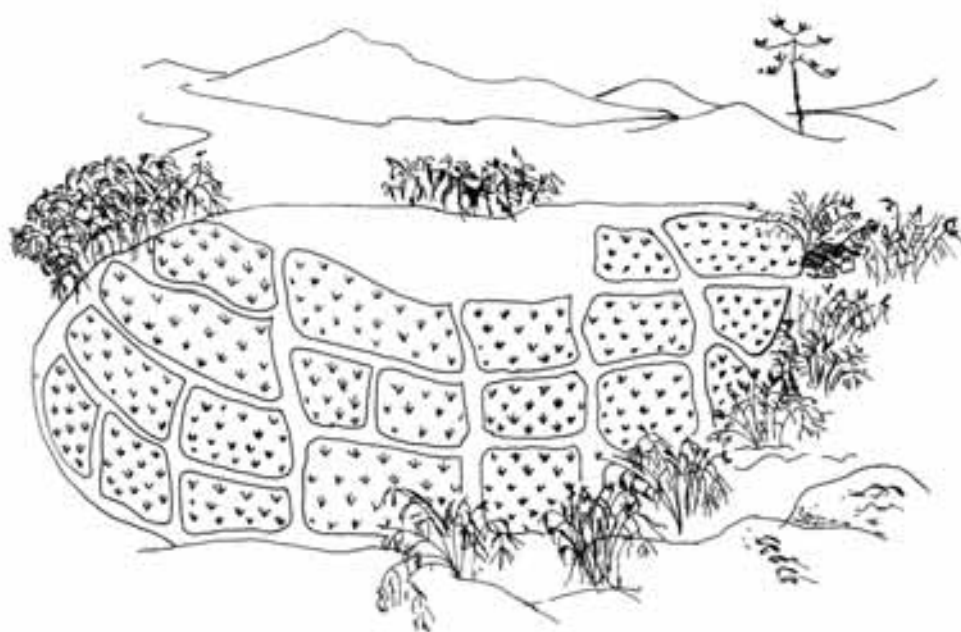
Histoire et société

Le moyen Yangzi et le haut Huai sont connus pour être des centres d'origine et de diversifi-



cation du riz cultivé dont les vestiges retrouvés dans cette région datent d'au moins 8 000 ans (WANG *et al.*, 1995 ; CHEN et JIANG, 1997). De plus, l'origine des champs poldérés est ancienne en Chine (sans doute un siècle avant Jésus-Christ). Ils sont très nombreux dans la région du bas Yangzi, depuis les Han (- 206 à 220) jusqu'au VIII^e siècle environ, puis disparaissent pour réapparaître sous les Song

Schéma des jardins sur banc de sable dans le sud-ouest de la Chine (repris de NEEDHAM et BRAY, 1984).



(960-1279). On peut supposer que, dans la région de leur implantation actuelle, l'aménagement des jardins de sable a accompagné celui des champs poldérisés, dont ils sont l'une des formes les plus anciennes. Dès l'époque des Han, l'aménagement des jardins de sable temporaires (ceux qui sombrent dans le fleuve) a pu être très prisé par une population désireuse de se soustraire partiellement à la lourde pression fiscale. En effet, ces jardins sont exemptés de charges fiscales puisqu'ils n'existent pas réellement !

Quoi qu'il en soit, leur développement est avéré au cours de la dynastie Song, lorsque les invasions qui touchent les régions nordiques poussent vers le Yangzi un grand nombre de réfugiés. En particulier, les Song du nord de la Chine, déjà malmenés par la poussée des tribus d'origine mongole (Liao) et tibétaine (Tangut), doivent fuir vers le sud quand, en 1126, les Jürgen d'origine mandchoue s'emparent de Kaifeng (LE LIÈVRE, 2004). L'afflux de nouvelles populations démunies engendre alors une pression démographique sur les terres et

pousse à la recherche de nouvelles parcelles cultivables. La récupération des zones marécageuses et des îlots sableux se développe à cette époque. C'est donc en partie le manque de terre dans une région déjà fortement peuplée qui a poussé les migrants vers la culture des îlots sableux.

Les jardins de sable s'intègrent dans une région largement dominée par la riziculture intensive alors que la culture du sorgho, du maïs, du coton et l'élevage des porcs se pratiquent dans le nord du Jiangsu. Aujourd'hui, ils sont tous endigués et maintenus en permanence sur les berges du Yangzi. Ils ont pour la plupart évolué vers des champs poldérisés dont l'extension est contrôlée par les autorités locales. La culture des champs de sable, qui disparaissent souvent dans les crues du Yangzi, est donc délaissée ou ne subsiste que localement, dans des lieux isolés.

Références

CHEN et JIANG, 1997 ; LE LIÈVRE, 2004 ; NEEDHAM et BRAY, 1984 ; WANG *et al.*, 1995.

Cultiver dans l'eau

Le taro des marais (*Cyrtosperma chamissonis*) au Vanouatou.



© IRD/A. Walter

Les bords des lacs et des rivières ont depuis toujours attiré les hommes par leur richesse en plantes, en animaux, en poissons et en eau potable. Des communautés humaines parfois importantes ont bâti des cités lacustres. D'autres ont installé de véritables villages flottants sur les lacs, en vivant à bord de leurs bateaux. Mais bien peu ont pratiqué l'agriculture dans ces milieux aquatiques. Pourtant, on relève en différents endroits du monde des conduites agricoles qui y sont totalement adaptées.

Mise à part la culture des plantes aquatiques telles que le cresson ou la châtaigne d'eau, elles concernent avant tout des espèces végétales qui poussent dans des eaux courantes peu profondes telles que le taro ou le riz. Le taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott) pousse naturellement dans des endroits ombragés et humides ou franchement inondés à condition que les eaux ne soient jamais stagnantes. Il a été très tôt domestiqué par l'homme puis est devenu, dans la région Asie-Pacifique, une

plante de base importante. Il est cultivé sur sol sec (en agriculture pluviale), sur sol humide (en agriculture drainée) ou carrément dans l'eau en le plantant dans le lit des cours d'eau ou en aménageant pour lui des bassins inondés. Cette dernière méthode, qui suppose l'élaboration d'un système d'irrigation complexe, est traitée au chapitre 9 (L'irrigation et ses fonctions annexes). Mais, en Mélanésie, on observe encore aujourd'hui des jardins de taro plantés dans les boues à l'émergence des sources, dans le lit des rivières ou sur les berges humides des ruisseaux. Ils sont utilisés en appoint des cultures principales et témoignent des premiers pas agricoles de l'humanité. C'est cette méthode que nous avons choisie de présenter dans ce chapitre (**Taro en culture inondée**). Le riz est une autre plante que l'on cultive directement dans l'eau. Certaines variétés poussent dans plus d'un mètre d'eau, leurs tiges s'allongeant avec les crues. Ces riz ont été autrefois largement cultivés sur les berges

inondables, alimentant des populations nombreuses. Comme nous le verrons, le **riz flottant** est encore cultivé de nos jours, en Afrique et en Asie.

Dans certains cas, un sol artificiel est totalement créé au sein des milieux hydriques de façon à obtenir de véritables parcelles de culture, sur lesquelles les plantes sont installées. Ces modes d'agriculture peuvent être très intensifs comme le démontre la culture sur **jar-dins flottants**. Ceux-ci reposent sur la création de radeaux constitués de matières végétales mêlées à des sédiments fertiles, flottant sur l'eau d'un lac. Dans certaines régions, ce ne sont pas les jardins qui flottent mais des étables ! En période de crue, l'Amazone s'élève de 15 mètres à Manaus et recouvre plus de 30 km de *varzea*. Cette forêt inondée pose des problèmes de logistique aux éleveurs des grandes fazendas car il faut trouver un endroit où parquer les troupeaux. Aussi, de vastes étables flottantes montées sur des radeaux ancrés, les *marombas*, montent et descendent avec le flot jusqu'à ce que les animaux puissent à nouveau paître en terre sèche. L'affouragement est résolu en prélevant les algues dans le courant.

Un autre exemple est donné par le *maa* micronésien qui est un petit monticule construit en période sèche dans un bas-fond marécageux. Quand l'eau monte, seuls les taros qu'on y cultive surnagent, laissant croire à l'existence d'un jardin flottant. À des milliers de kilomètres de la Micronésie, les Mexicains ont jadis utilisé des techniques très proches de celle du *maa* pour aménager les *chinampas*, l'un des exemples le plus spectaculaire d'agriculture sur milieu humide. Elles sont constituées d'un sol artificiel végétal, comme celui des jardins flottants, mais le lac étant peu profond, elles sont fixées au sol comme les *maa*. De plus, c'est là leur particularité, elles sont permanentes et nombreuses, transformant toute la surface du lac en un paysage anthropisé luxuriant. Tous ces modes de culture assurent la sécurité alimentaire des communautés qui les pratiquent mais restent souvent complémentaires d'une agriculture plus importante. Les jardins flottants produisent un surplus commercialisable et s'intègrent dans des réseaux d'échange entre groupes ou communautés voisines. Les *chinampas* ont nourri la capitale de l'empire aztèque.

Le taro en culture inondée

Nomenclature

Le taro (*Colocasia esculenta*) a besoin de beaucoup d'humidité pour sa croissance. Il est généralement planté dans des clairières de forêt humide, sur des bas-fonds marécageux drainés ou bien sur des parcelles irriguées (voir Taro en bassins irrigués). Mais les cultivateurs profitent aussi de tous les espaces humides pour y placer quelques boutures et cultivent le taro sur de petits îlots de plantation situés aux zones d'émergence des sources, le long de berges humides ou au fil de l'eau. On cultive de la même façon le taro des marais (*Cyrtosperma chamissonis* (Schott.) Merrill). Cet ensemble de procédés est regroupé sous le terme de « culture inondée ». Nous la donnons en exemple car elle est sans doute l'un des plus anciens modes de culture pratiqué par l'homme.

Localisation géographique

Des taros cultivés sur les berges ou aux zones d'émergence des cours d'eau ont été observés au Vanouatou. Cet archipel est situé dans l'océan Pacifique, entre 13° et 21° de latitude. Il est formé d'une vingtaine d'îles habitées et de nombreux îlots, au relief marqué et à l'activité sismique forte. Son climat tropical humide est soumis aux alizés du sud-est et la pluviométrie annuelle varie de 4 000 mm au nord à 1 500 mm au sud. Le taro est cultivé dans l'ensemble de l'archipel et les taros en culture inondée se rencontrent dans la plupart des îles. Ils peuvent être observés dans toute la zone de répartition actuelle de l'espèce, c'est-à-dire

dans la zone tropicale, particulièrement dans la région Asie-Pacifique.

Conduite technique

Au Vanouatou (île de Santo), on plante des taros sur les berges des torrents saisonniers, en début de saison des pluies, ou à longueur d'année lorsque le cours d'eau est plus stable. Ce type de culture est élémentaire mais efficace. Les taros sont simplement plantés au fil

Terrasses aménagées dans le lit d'un petit ruisseau pour la culture inondée du taro (Vanouatou).



© F. Stroebe

de l'eau ou dans les boues des berges humides. Quand les aménagements sont présents, ils sont temporaires et entièrement renouvelés après chaque récolte. Quelques terrasses grossières et de faible dimension, soutenues par un muret, retiennent les sédiments et l'eau. Une fois nivelées, elles accueillent des boutures qui sont irriguées en permanence par une eau claire. Ces parcelles fournissent un complément aux cultures principales de taro, préservent la biodiversité locale et procurent un aliment en cas de besoin.

Taro implanté dans le lit d'un petit ruisseau (Vanouatou).



© F. Stroebel

À Samoa, et sans doute ailleurs, les boutures sont aussi placées dans des trous creusés au bâton dans les boues bordant les cours d'eau. Quand son niveau augmente, l'eau remplit les trous et laisse en se retirant des sédiments utiles à la croissance de la plante qui pousse aisément dans des boues humidifiées ou inondées à condition que l'eau ne stagne jamais.

Histoire et société

L'ancienneté de la technique remonte sans doute très loin dans la préhistoire, à une époque où l'homme est passé de la cueillette des taros sauvages à leur culture. Il a commencé par protéger puis multiplier la plante dans son habitat naturel, les berges humides, les sources et les bas-fonds. Au cours des siècles, ou plutôt des millénaires, la végéculture se développe, la société devient plus complexe, et les techniques de culture du taro évoluent, permettant l'aménagement de larges parcelles soutenant des sociétés plus complexes. Mais on continue accessoirement de planter des taros au fil de l'eau.

Aujourd'hui, au Vanouatou, aucune communauté n'a le privilège de ce mode de culture et ces lopins sont surtout aménagés en appoint des cultures principales. Leur dimension et leur durée d'utilisation varient en fonction de l'importance de l'écoulement hydrique. Dans certaines îles, comme Santo, ces parcelles servent de pépinières dans lesquelles les différents cultivars existant dans la communauté sont regroupés et préservés. Certains sont d'abord testés dans les grandes parcelles puis conservés s'ils s'avèrent utiles. D'autres parcelles sont aussi plantées occasionnellement dans les cours d'eau des zones forestières, afin que chaque voyageur puisse s'approvisionner et prendre un repas rapide avant de poursuivre sa route. Elles assurent aussi une nourriture de secours quand les cyclones ravagent les jardins. La culture du taro inondé, peu développée, entre presque toujours dans des stratégies de gestion du risque et concourt très peu à l'alimentation quotidienne des communautés locales.

Références

BONNEMAISON, 1991 ; MATTHEWS, 1995 ; SPEISER, 1990 ; SPRIGGS, 1981 ; STROEBEL, 1998 ; WALTER et TZERIKIANTZ, 1999.

fiche 7 Le riz flottant

Nomenclature

Il existe 22 espèces de riz (*Oryza* spp.) dont deux seulement sont des cultigènes : *O. sativa* en Asie et *O. glaberrima* en Afrique. La première a été domestiquée en Chine et dans le nord de l'Asie du Sud-Est, il y a plus de 7 000 ans, la seconde est apparue plus récemment, vers 1 500 avant J.-C., dans le delta du Niger (Mali). Ces espèces ont donné plus de 100 000 variétés adaptées à des écosystèmes différents. Parmi elles, il existe une variété de riz tout à fait originale dont les tiges flottent et s'allongent de 5 à 10 cm par jour en suivant la montée des eaux. Elles atteignent plus de 5 mètres, les feuilles et la panicule restant toujours en surface. C'est le riz flottant, dont la culture est l'une des plus insolites et se pratique dans plus d'un mètre d'eau. Elle se distingue de la riziculture menée dans les zones où la profondeur de l'eau n'excède pas un mètre. Cette dernière utilise des variétés de riz à port érigé et à allongement rapide, certaines pouvant d'ailleurs survivre à une courte submersion. Elle se distingue aussi des cultures de riz sur jardins flottants, menées sur des radeaux de végétation flottante et non dans le sol.

Localisation géographique

En Asie, le riz flottant serait originaire du lac Tonlesap, situé dans la cuvette centrale du Cambodge. En saison sèche (décembre à mars), le Tonlesap est une vaste zone lacustre de 2 500 km² dont la profondeur est en moyenne de deux mètres. Les eaux se déversent dans la rivière Tonlesap, rejoignent le Mékong à Phnom Penh au site des Quatre Bras, puis s'évacuent en mer de Chine. En saison pluvieuse (de mai à octobre), les grandes crues de mousson du Mékong peinent à s'évacuer dans le delta totalement inondé. Elles refluent dans la rivière Tonlesap, la forcent à inverser son cours et alimentent alors le lac Tonlesap. Le niveau de ce dernier s'élève à une hauteur de 15 m et sa surface augmente de quatre à cinq fois, inondant d'abord la ceinture forestière qui l'entoure puis les plaines situées en périphérie. Les eaux charrient de grandes quantités d'alluvions ainsi qu'une abondante vie organique. Ce phénomène particulier règle toute la vie animale et humaine de la région. Le riz flottant, à l'origine une plante sauvage, est cultivé sur toutes les terres inondables tandis que les rizières inondées ou irriguées sont placées à la périphérie du lac en pleine expansion.

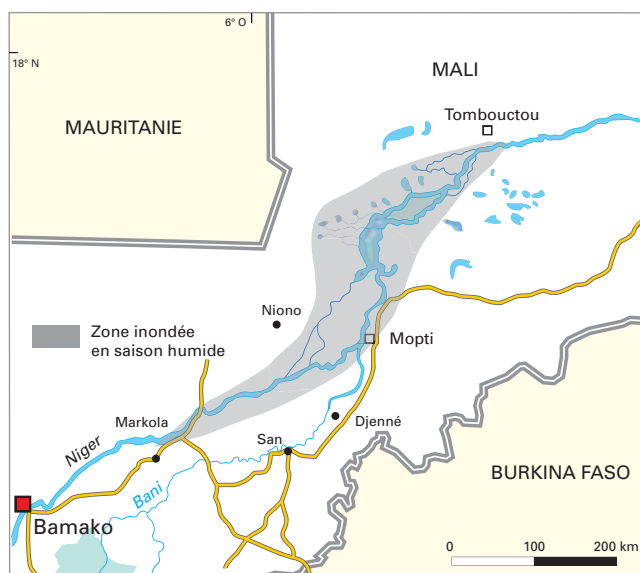
Le Mékong, quant à lui, termine son cours par un vaste delta qui couvre environ 20 % du territoire vietnamien. Les grandes crues du Mékong provoquent un fort alluvionnement dans cette région et inondent annuellement

un tiers du delta. Les terres acidifiées et salinisées durant la période sèche, en raison d'une forte évaporation, sont lavées par les crues, dès les premières pluies de mousson. Le riz flottant est cultivé dans les eaux profondes sur les terres annuellement couvertes de plus d'un mètre d'eau, soit une zone potentielle de plus de 500 000 hectares.

En Asie, on cultive encore le riz flottant dans les vastes cuvettes qui ponctuent les grands fleuves non endigués et leur delta (Chao Phraya, Ganges et Irrawaddy). On le retrouve donc en Thaïlande, au Bangladesh, en Birmanie, et à Sumatra.

En Afrique, c'est une culture importante du delta intérieur du Niger (Mali), à la confluence des fleuves Bani et Niger¹. La zone, bien étudiée, présente elle aussi une succession de grandes crues et décrues. C'est une terre très plate et fertile d'environ 50 000 km² qui se compose de plaines d'inondation, de bras morts et de lacs. Elle se divise, au sud en un delta vif sujet aux inondations annuelles et au nord en un delta mort de type lacustre. Dans cette région où la pluviométrie est comprise entre 200 mm et 600 mm, la crue permet de développer différents systèmes agropastoraux. Lors des grandes pluies saisonnières, d'énormes quantités d'eau sont déversées dans le delta vif puis s'écoulent vers le nord en inondant plus de 20 000 km². Les lacs et les étangs de la zone lacustre sont alors remplis avant de se vider progressivement en saison sèche, au

¹ Les travaux de THOM et WELLS (1987) servent d'appui à la présentation de ce mode d'agriculture.



Les aires de culture du riz flottant au Cambodge (lac Tonlesap), au Vietnam (delta du Mékong) et au Mali (delta intérieur du Niger).

(Sources : GOUROU, 1984 ; THOM et WELLS, 1987)

moment du retrait des eaux. Les lacs situés le plus au nord restent vides en années sèches. La superficie inondée varie notablement d'une année sur l'autre aussi la culture du riz flottant se pratique-t-elle essentiellement dans la zone toujours inondée du delta vif.

Conduite technique

Toujours fondé sur des variétés de riz à longues tiges, ce mode d'agriculture se pratique traditionnellement de façon similaire au Mali, au Vietnam, au Cambodge et dans les autres



© IRD/O. Barrière

pays d'Asie. Ces variétés sont très sensibles aux variations des niveaux d'eau, elles sont asphyxiées par les crues impétueuses et se dessèchent quand l'eau est insuffisante. Néanmoins, elles permettent aux paysans de cultiver des terres totalement inondées et ont sans doute été progressivement sélectionnées et améliorées pour cet usage.

Une paire de bœufs ou de buffles intervient aux premières pluies pour éliminer par un labour léger les chaumes non pâturés et nettoyer le sol. Le riz est très tôt semé à la volée afin que les jeunes pousses aient déjà atteint une hauteur de 30 cm quand la crue arrive. La montée des eaux ne doit être ni précoce ni tardive, progresser lentement et durer plusieurs mois. Une crue trop précoce emporte les jeunes semences. À l'inverse, une crue tardive ou inexistante provoque le dessèchement des jeunes pousses ou leur étouffement par les mauvaises herbes qui sont normalement noyées en début de cycle. Les deux premiers mois après le semis sont donc cruciaux pour la culture. Par la suite, l'élévation de l'eau ne doit pas excéder l'allongement journalier des tiges sous peine, là encore, de noyer les jeunes plants. Enfin, la crue doit durer au minimum deux mois pour obtenir l'élévation optimale des panicules.

Comme on le comprend, la riziculture flottante est une technique délicate. Les paysans doivent prévoir chaque année, comme ils le peuvent, l'arrivée et l'intensité de la crue de

Troupeaux dans une bourgoutière du delta du Niger.

façon à choisir la date du semis et la localisation des parcelles. Pour minimiser les risques, ils disposent de plusieurs moyens. Ils peuvent replanter les semences à partir de pépinières où le riz a été arrosé à la main, construire des digues de terre pour ralentir une crue précoce ou trop rapide ou au contraire freiner la décrue. Ces digues empêchent aussi certains poissons herbivores d'envahir les rizières et d'endommager les plants. Malgré ces fortes contraintes, la crue annuelle renouvelle la fertilité du sol, évite la jachère improductive, irrigue et élimine les ravageurs en plus des mauvaises herbes. La récolte est réalisée à la faucille, en pirogue quand la décrue est tardive, et requiert l'aide de saisonniers. Cette culture extensive n'utilisant aucun engrais donne des rendements relativement bas (1 à 2 t/ha au Vietnam). Mais la productivité du travail est remarquable et permet à une famille de mettre en culture une grande superficie et d'obtenir un surplus substantiel. Malgré tout, ce riz se cultive surtout au sein de petites exploitations. Si la surface disponible est plus faible ou si le marché n'est pas attrayant, la famille dispose alors de temps libre. Sa contrainte majeure est le caractère fantasque des crues.

Histoire et société

En Asie, la culture du riz flottant est ancienne, comme en témoignent celles qui ont été pratiquées au Cambodge et en Thaïlande. Au Cambodge, la productivité de la riziculture flottante contribue à l'émergence du royaume Khmer (800-1432) dont la capitale, Angkor, est située à proximité de la rive nord du lac Tonlesap. L'aléa des crues du Mékong ne permet pas aux Khmers de dépendre uniquement de la riziculture flottante et la base alimentaire du pays est fournie par la riziculture inondée qui se développe à cette époque. Malgré tout, la riziculture flottante fournit des surplus importants, prélevés par le royaume pour nourrir son armée, alimenter sa capitale et soutenir sa puissance conquérante. Les aménagements hydrauliques nécessaires sont en partie assurés par le travail des producteurs soumis par le pouvoir à des corvées durant la morte-saison. Au xx^e siècle, les Khmers rouges entreprennent, sans grandes connaissances, des travaux hydrauliques pour développer la riziculture irriguée, aux dépens de la riziculture flottante, ce qui engendre de graves perturbations écologiques et se solde par un échec. Aujourd'hui, le riz flottant est toujours cultivé dans le lac, en complément de la pêche et de la riziculture inondée. Mais le Tonlesap se comble progressivement. La sédimentation est intense, aggravée par la surexploitation des forêts inondables autour du lac. La population importante, concentrée dans

des villages lacustres, déverse aussi de grandes quantités de déchets dans le lac qui contribuent à sa pollution.

Au Vietnam, dans le delta du Mékong, la riziculture flottante est récente. Elle est introduite au début du xx^e siècle dans une région où seul le riz pluvial est pratiqué, complété par la culture fruitière, le maraîchage et l'exploitation des forêts résiduelles. Le riz flottant s'ajoute très vite à la culture du riz pluvial, sans la concurrencer directement puisqu'il ne fait que récupérer des terres inondées inutilisables. En 1930, grâce au delta du Mékong, le Vietnam devient le deuxième exportateur de riz au monde. La culture du riz flottant poursuit son expansion jusque dans les années 1970. Mais l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation permet alors aux paysans de cultiver toute l'année, y compris en saison sèche. Le système se transforme de nouveau et, progressivement, le riz flottant laisse la place à de nouvelles variétés de riz irrigué. Sa culture ne représente plus actuellement que 1 % du système de production global. Le delta du Mékong produit aujourd'hui 50 % du riz vietnamien, d'importants tonnages de poisson, des fruits, des légumes et de la canne à sucre.

En Thaïlande, les crues sont plus régulières dans les cuvettes naturelles autour de Sukhotai

Champ d'expérimentation agronomique sur riz flottant au Vietnam.



© É. Mollard



© E. Mollard

et d'Ayuthaya. Le royaume a prospéré en comptant davantage sur la riziculture flottante que celui du Cambodge et n'a pas eu besoin, comme ce dernier, de mener des aménagements coûteux. La Thaïlande, à côté de la Birmanie, a été un exportateur précoce de riz et le pays n'aurait, dit-on, jamais connu de famines. Le roi Ramkhamhaeng a fait graver dans une stèle en 1292 : *Il y a du riz dans les rizières et du poisson dans l'eau*. Il soulignait ainsi la prospérité du pays et mentionnait le caractère hiérarchisé de la société où chacun doit tenir sa place. La riziculture de crue a pu, jusqu'à présent, être préservée, car les territoires concernés servent de tampon où sont dirigées les crues exceptionnelles pour protéger les grandes villes, comme Bangkok. Mais la multiplication des barrages jugule les crues et remet en cause l'utilité de ces territoires. C'est particulièrement le cas des fleuves internationaux, comme le Mékong, sur lesquels les pays amont édifient de nombreux barrages. Ceux-ci limitent les crues et régularisent l'étiage en saison sèche. Ils fournissent de l'hydroélectricité, de l'eau d'irrigation et participent au développement du transport fluvial. Mais une crue moins intense affecte les productions exceptionnelles de poissons et de riz du Tonlesap et réduira, dans une proportion mal connue encore, la capacité à dessaler les terres du delta.

La riziculture de crue est également ancienne dans le delta du Niger et le royaume de Ségou a profité de la riziculture flottante, sans grand aménagement. Elle s'intègre aujourd'hui dans

Récolte du riz d'eau profonde dans le delta de Chao Phraya en Thaïlande.

des systèmes de production à prédominance pastorale. Parmi les nombreux groupes ethniques qui composent cette région densément peuplée (35 hab./km²), les Peuls, majoritaires, pratiquent l'élevage et quittent le delta vif au moment des pluies. Tandis que les pêcheurs bozo et somono remontent le fleuve avec eux, en suivant le poisson, les Nono et les quelques Songhaï cultivent le riz flottant et le riz irrigué. À la saison sèche, les éleveurs et les pêcheurs redescendent au sud, les premiers pour mener paître leurs troupeaux sur les pâturages, les seconds pour pêcher. Dans la zone lacustre, les Bambara cultivent le millet. Les territoires ethniques sont en réalité fortement entremêlés et si les diverses activités, liées au contexte environnemental, permettent le développement de toute la région, les conflits sociaux ne manquent pas d'apparaître. Entre les éleveurs prédominants et les cultivateurs de riz, la lutte est souvent ouverte pour le contrôle des terres. Par ailleurs, la survenue des sécheresses et la croissance démographique engendrent des contraintes écologiques et sociales de plus en plus fortes qui tendent à déséquilibrer le système productif complexe de la région. Certains ont proposé de stabiliser les crues, mais cette solution risque de faire disparaître la riziculture flot-



© É. Mollard

tante, ainsi d'ailleurs que les cultures de décrue, et menace directement la survie des communautés qui s'adonnent à cette pratique.

Comme ces quelques exemples le montrent, la culture du riz flottant est délicate et repose sur la gestion et la transmission des savoirs touchant à la plante et aux crues, alors que les aménagements sont réduits. Elle s'intègre dans des systèmes écologiques et agraires complexes. Elle implique aussi une adaptation des comportements humains, qu'il s'agisse de suivre les crues ou d'organiser un habitat adapté. Aujourd'hui, les techniques de culture du riz flottant ont peu évolué. Le tracteur remplace parfois les animaux de trait. L'utilisation de l'engrais, qui est emporté par l'eau, est impossible mais un traitement herbicide limite l'envahissement par les mauvaises herbes jusqu'à l'arrivée de la crue. La récolte reste souvent manuelle sauf pour les variétés dont l'épi parvient à se redresser après la décrue, auquel cas une moissonneuse-batteuse peut être utilisée. La qualité médiocre du riz et les faibles revenus générés ne permettent plus aujourd'hui

Vannage du riz après le retrait des eaux (Thaïlande).

d'aujourd'hui de mener cette activité à plein-temps. Cette culture qui a permis jadis de fonder des royaumes paraît peu adaptée au monde moderne. Pourtant, bien qu'elle soit progressivement remplacée au Vietnam et menacée au Mali, on sème toujours à la volée des variétés traditionnelles. Vingt-cinq à trente pour cent des terres rizicoles, soumises à de fortes crues, sont encore cultivées en riz flottant. Pour un temps encore, l'esprit de la riziculture de crue est préservé.

Références

CALAS, 2006 ; CHAMARD *et al.*, 1997 ; CHANG, 1995 ; GOUROU, 1972, 1984 ; LENG, 1987 ; NORAY (DE), 2003 ; SON DANG KIM, 1998 ; THOM et WELLS, 1987.

Les jardins flottants

Nomenclature

On appelle jardins flottants des radeaux végétaux naturels formés par l'enchevêtrement des racines et radicelles de plantes aquatiques ainsi que des assemblages de faisceaux de roseaux ou de bois sur lesquels on dispose des boues et de la végétation coupée. Ils servent de planches de culture ou de pépinières. Les Chinois les nomment *chia thien* ou *feng thien*, les Birmans *kywan* : *myo*.

Les *chinampas* de Mexico ou les hortillonnages près du marché flottant de Bangkok sont parfois dénommés jardins flottants, ce qu'ils ne sont pas, bien que certains auteurs estiment que les *chinampas*, dont personne n'a vu la construction, aient pu, à l'origine, flotter. Sur le lac Tchad, des îles flottantes naturelles servent aux pêcheurs, qui doivent se déplacer sous peine de s'enfoncer dans l'eau, mais là encore, il ne s'agit pas de jardins flottants.

Localisation géographique

Les jardins flottants sont situés sur quelques grands lacs, en Asie, en Amérique latine et en Afrique. Au Myanmar, ceux du lac Inlé, décrits par les colons anglais, ont été redécouverts lors de l'ouverture des frontières. Le lac Inlé occupe le fond du bassin de Yaungshwe, situé dans la partie méridionale du plateau Shan qui l'encadre à l'est et à l'ouest. Le fossé d'effondrement dans lequel le lac se situe s'élève à environ 900 mètres d'altitude et jouit d'un climat subtropical d'altitude et d'une pluviométrie annuelle de 1 300 mm. Les températures sont froides la nuit et les brouillards fréquents. C'est un lac peu profond (5 m maximum), long (22 km) et étroit (3 à 6,5 km). Il est bordé au nord par des zones marécageuses, présente peu de fluctuations saisonnières mais s'engorge rapidement. La zone marginale du lac est garnie d'une végétation aquatique dense qui forme des îles flottantes finissant par fixer les alluvions apportées par les cours d'eau. Dans certains endroits, la plaine alluviale gagne ainsi progressivement sur les zones lacustres, le phénomène s'accroissant avec la propagation rapide des jacinthes d'eau. Les jardins flottants sont présents sur tout le lac mais plus abondants sur sa rive occidentale.

Les jardins flottants du Cachemire sont moins connus. Ils sont pourtant nombreux sur les petits lacs de cette vallée, célèbre pour la beauté de ses paysages et la qualité de ses vergers. La vallée du Cachemire, dont le fond s'élève à 1 500 m d'altitude, est entourée des hauts sommets himalayens et s'étend sur 140 km. Son climat tempéré s'accompagne de neiges hivernales, d'étés chauds et de nuits

froides. La pluviométrie est faible. De nombreux lacs, dont le lac Dahl, soutiennent des jardins flottants.

Dans le sud de la Chine, les jardins flottants ont été présents sur la plupart des lacs, comme le lac Tien près de Kunming au Yunnan. Le lac Kasumigaura au Japon aurait peut-être également connu cette agriculture singulière. À Yap, en Micronésie, le taro est parfois cultivé sur de petits jardins flottants découpés dans la végétation de marais, qui se distinguent des *maa*. Au Mexique, il existe sur le lac Texcoco de petites parcelles flottantes utilisées comme pépinières avant le repiquage sur les *chinampas*.

Conduite technique

Les anciens auteurs chinois ont distingué deux types de radeaux, les plates-formes en bois et les radeaux de roseaux (*Zizania caduciflora* ou *Zizania latifolia* selon les auteurs). Les premiers sont obtenus en tissant des bois souples jusqu'à obtenir une plate-forme flottante sur laquelle sont empilées des boues fertiles et des lianes de *Zizania*. Par ailleurs, les tiges et les rhizomes du *Zizania* s'enroulent les uns aux autres jusqu'à former, au bout d'un certain temps, un tapis épais qui flotte lors des crues. C'est dans ce tapis que les radeaux végétaux ont été directement taillés. Radeaux de bois et radeaux végétaux, amarrés au rivage, ont supporté des cultures de riz.

En Birmanie (Myanmar), les îles flottantes sont actuellement construites dans des tapis de jacinthes d'eau aux racines enchevêtrées. Cette plante (*Eichhornia crassipes*) est



Au Cachemire et au Myanmar, des planches de cultures maraîchères sont aménagées à partir de la végétation aquatique des lacs.



Les Intha qui peuplent les bords du lac ont su tirer parti de cette plante nuisible pour en faire un sol cultivable. Ces îles végétales appartiennent à tout le monde, et chacun peut en récupérer une portion et la marquer provisoirement d'un long bambou dressé. À la fin de la saison des pluies, la végétation est égalisée et brûlée pour alléger le chaland, puis, au moyen d'une grande scie, le jardinier et son assistant tranchent des bandes de 10 mètres de long sur un à deux mètres de large. Fermement arrimée à une pirogue, la bande est halée sur le lac et le long des canaux jusqu'à son emplacement définitif, près du village sur pilotis où elle est ancrée. Une fine couche de boue est prélevée sur les berges et au fond du lac au moyen d'un panier à très long manche, puis elle est mêlée à des algues et étalée sur le radeau. Les semences sont alors déposées sur ce lit fertile. Elles sont parfois protégées du soleil par un auvent végétal et certaines espèces sont palissées, y compris au-dessus des canaux qui séparent les jardins alignés en véritable flotte. De petites îles attachées près des maisons servent de pépinières et sont semées en une seule espèce. Lors du repiquage sur les îles flottantes, les plantes sont disposées seules ou en rangs alternés de deux espèces, par exemple oignon et piment ou aubergine et piment. Les opérations culturales se font en pirogues, l'irrigation des cultures étant assurée en enfonçant l'île sous le poids du fermier. Tomates, piments, aubergines, concombres, oignons, haricots et fleurs sont produits en saison sèche, époque de morte-saison pour la riziculture et de cours élevés sur le marché. La durée de vie de ces jardins flottants est de quelques années.

d'origine brésilienne et semble avoir été introduite en Asie du Sud-Est, et au lac Inlé, dans les toutes premières années du xx^e siècle. Elle représente en réalité une véritable nuisance, du fait de sa croissance rapide, de sa propension à s'enrouler, s'amasser et former de véritables nappes végétales épaisses, denses et infranchissables. De plus, ces dernières retiennent les alluvions et provoquent un retrécissement de la zone lacustre. Ces nappes flottent et bien vite d'autres espèces végétales s'y implantent (*Phragmites* spp., *Typha* sp. et même quelques *Salix* sp.). Le tapis aquatique, avec plus d'un mètre d'épaisseur, supporte à terme le poids d'un adulte qui peut le traverser rapidement.

Sur le lac Dahl, et autres lacs de la vallée du Cachemire, la technique du jardin flottant est similaire à celle du lac Inlé. On commence par couper des sortes de radeaux de plusieurs mètres de long, dans la végétation épaisse poussant sur les berges du lac. Puis ces radeaux végétaux, libérés du fond et des berges en coupant les dernières racines, sont



© IRD/B. Moizo

halés jusqu'à un endroit propice peu profond. Ils sont alors fixés au fond du lac par deux pieux placés aux angles. Après quelque temps, la végétation continuant de croître, ils sont fermement fixés par les racines des plantes aquatiques. Ce sont donc des jardins flottants qui ne flottent plus vraiment. Sur ces radeaux alignés, les paysans aménagent de petites buttes de terre et de limon prélevés sur les berges du lac, puis y cultivent des légumes, tomates ou concombres principalement.

À Yap dans le Pacifique, la végétation de marais est coupée sur une petite surface, empilée puis brûlée. Un sillon est découpé tout autour de la parcelle ainsi préparée afin de la détacher de la végétation environnante. Toutes les racines qui la retiennent au fond sont également coupées de façon à obtenir une parcelle flottante. Terres et sédiments qui se trouvent sous la parcelle sont récoltés à la main et placés sur le radeau végétal pour empêcher la végétation de repousser. Les taros *Colocasia* et *Cyrtosperma* sont alors plantés sur ce jardin flottant, leur corne se développant vers le bas. Les taros ainsi produits sont sains et de bonne qualité.

Histoire et société

Les Chinois ont pratiqué la culture du riz sur les radeaux flottants, en bois ou végétaux,

Le lac Inlé et ses jardins flottants (Myanmar).

depuis les dynasties Tang et Song (du VII^e au XIII^e siècle). C'est donc une technique ancienne, qui avait régressé avant de réapparaître en Birmanie et au Cachemire, sans doute avec l'introduction de la jacinthe d'eau.

Le bassin du lac Inlé est densément peuplé et comprend plusieurs ethnies. Les plus nombreux sont les Shan, suivis des Pa'o, reconnaissables à leur costume noir. Puis viennent les Intha, les Danu, les Taungyo, les Kayah et les Birmans. Les Shan, anciens résidents de la région, occupent les vallées rizicoles. Les Pa'o sont des arboriculteurs, et cultivent la mandarine et le café dans les endroits propices. Les Intha, fuyant la région de Tenasserim alors en guerre avec les Thaïlandais, arrivent dans le bassin du lac Inlé au milieu du XIV^e siècle. Là, ils s'installent sur les berges du lac, dans des maisons sur pilotis. Ils sont aujourd'hui plus de 70 000. Les Intha sont étroitement associés au lac et à ses berges et se divisent en jardiniers des îles flottantes, groupés dans des villages lacustres au milieu du lac, et en riziculteurs et arboriculteurs des plaines alluviales, répartis sur les berges. Tous s'adonnent aussi à la pêche et pratiquent une ou deux



© IRD/B. Moizo

activités artisanales, de très haut niveau. Le tissage de la soie et la construction des pirogues sont parmi les plus renommées. Cette spécialisation dans les tâches de production, en partie liée à l'implantation géographique de l'habitat, permet tout à la fois un négoce entre les différents groupes Intha et un commerce lucratif vers l'extérieur. On date mal l'ancienneté des jardins flottants. Ont-ils été inventés au moment de l'arrivée des Intha sur les bords du lac ? Ont-ils été développés par les Intha à cette époque, à partir d'une pratique antérieure des communautés Shan ? On l'ignore. Mais l'arrivée de la jacinthe d'eau, en offrant de nouvelles opportunités et en permettant aux jeunes ménages sans terre de s'adonner au maraîchage lacustre a sans conteste développé cette pratique et renforcé la division du travail entre les deux communautés d'Intha. Les plus démunis, ceux qui avaient peu ou pas d'accès à la terre ont su saisir cette opportunité et se construire ainsi une place au sein de la communauté.

Avant la guerre indo-pakistanaise, la vallée du Cachemire est un lieu de villégiature pour sa fraîcheur estivale. La famille des Moghol, puis les hauts fonctionnaires de l'Empire britannique y trouvent refuge au moment des chaleurs brûlantes qui désolent le Sind et le Pendjab. Comme il est difficile pour les étrangers d'acquérir des terres, les Britanniques

Jardins flottants sur le lac Inlé (Myanmar).

construisent alors de grands bateaux en cèdre dans lesquelles ils résident avec leur famille, durant l'été. La vallée a été pendant longtemps isolée et difficile d'accès ce qui a contraint la population locale, en pleine croissance, à assurer sa production alimentaire de façon autonome. Toute la terre arable est consacrée à la culture des céréales, le riz dans les plaines irrigables, le maïs sur les versants, l'orge et le mil en altitude. En raison des difficultés d'approvisionnement et des risques de famines, l'exportation du riz est interdite. On cultive aussi traditionnellement de nombreux arbres fruitiers, pommiers, abricotiers et poiriers dont l'exportation procure des revenus. La culture du mûrier pour l'élevage du ver à soie est active. C'est dans ce contexte que l'agriculture sur jardins flottants est mise au point, entièrement consacrée à la production de légumes frais. Parmi les neuf groupes ethniques qui peuplent la vallée du Cachemire, on distingue les riziculteurs des plaines alluviales, les plus anciens, et les Hanji, qui, comme les Inthas, occupent les lacs et leurs berges, s'adonnant au maraîchage sur les jardins flottants. Autrefois paysans sans terre vivant sur



© IRD/B. Moizo

des bateaux, ils sont progressivement devenus des jardiniers performants vivant du commerce de leurs légumes et de leur pêche. Comme les Inthas, ils ont d'abord dû assurer leur subsistance en détournant à leur profit une plante *a priori* nuisible, puis au prix d'un lourd travail et de beaucoup d'imagination, ils ont ensuite trouvé une place enviable au sein du système économique régional.

Les jardins flottants sont toujours associés à une population dense et viennent en complément d'une riziculture de plaine. Là où ils sont pratiqués, la société est divisée en groupes séparés menant des activités différentes et complémentaires, ce qui permet à l'ensemble des communautés de la région d'atteindre des niveaux de vie relativement élevés, comparés aux standards locaux. Le maraîchage de qualité produit sur les jardins flottants est donc une production commerciale ou d'échange, destinée à toute la communauté locale, le surplus abondant étant ensuite commercialisé vers l'extérieur. Mais l'accès aux ressources reste difficile. Harlan, un généticien américain qui voyageait en 1926 dans la vallée du Cachemire, à la recherche de nouvelles variétés de blé et de légumineuses, a signalé la menace régulière du vol pur et simple des plates-formes horticoles, difficilement identifiables.

Une femme transporte des poteries, produits de l'artisanat local, entre les planches des jardins flottants (lac Inlé).

De nos jours, les radeaux en bois ont disparu et les jardins flottants disparaissent progressivement en raison de l'élimination agricole des roselières due à l'ouverture progressive des champs de culture et de la continuelle poussée démographique. À long terme, l'accélération des déboisements alentour contribuera à combler les lacs peu profonds et les pompages réduiront l'alimentation des nappes phréatiques. À court terme, le désenclavement des vallées desserre l'étau céréalier et les légumes sont maintenant cultivés sur la terre ferme. Les troubles politiques et la fermeture des frontières ont sans doute contribué à préserver l'essence des jardins flottants, mais les migrations rendent le mode de vie traditionnel moins attractif. Finalement, seul l'écotourisme est en mesure de préserver, sinon l'âme, du moins les formes originales de cette agriculture aquatique. Quant à la durabilité qui lui est attachée, est-ce qu'elle convient aux populations ? Aujourd'hui, plus de 30 000 personnes vivent sur le lac Dal et approvisionnent en légumes la région entière. Mais les jardins flottants génèrent des déchets végétaux importants qui concourent à combler un lac déjà



© IRD/B. Moizo

asphyxié, sans parler de la pollution engendrée par les déchets de ces milliers de personnes. Elles-mêmes dénoncent les risques écologiques encourus et la disparition progressive d'un des plus beaux lacs du monde. Avec lui, les jardins flottants disparaîtront.

Dans des zones radicalement différentes, au Bangladesh où les crues du Gange et du Brahmapoutre recouvrent le delta plusieurs mois par an, des programmes de développement ont tenté de promouvoir des jardins flottants faute de terres exondées.

La végétation coupée est acheminée par barque et servira à la fabrication ou à l'entretien des jardins flottants (lac Inlé, Myanmar).

Références

BRUNEAU et BERNOT, 1972 ; FALANRUW, 1993 ; HARLAN, 1926 ; NEEDHAM, 1984 : 120-121 ; UHLIG et KREUTZMANN, 1995 : 202-203 ; YOU, 1991.

Nomenclature

Maa désigne à Puluwat en Micronésie un îlot surélevé en milieu marécageux. Il a été décrit sur des atolls micronésiens mais existe sans doute ailleurs, sous d'autres noms. Il représente un type de culture fondé sur l'aménagement de buttes dans des milieux inondables de très petite surface. Il peut être associé à des îlots flottants.

Localisation géographique

Le *maa* est pratiqué à Yap et sur les atolls Puluwat et Ulithi qui font tous partie des États fédérés de Micronésie, ou Carolines. Mis à part Yap qui peut être considérée comme une île haute, ces États comprennent plus de 600 atolls coralliens d'origine volcanique. Ils se divisent eux-mêmes en quatre États : Yap auquel appartient l'atoll Ulithi, Chuuk où est situé l'atoll Puluwat, Pohnpei et Kosrae. La population totale s'élève à un peu plus de 100 000 habitants répartis sur seulement 64 atolls et sur Yap. Ce sont des terres basses composées de sable et de corail. Elles offrent une faible superficie de terre cultivable et sont le plus souvent divisées elles-mêmes en plusieurs îlots. Chacune a ses caractéristiques propres, en fonction de sa taille, de sa topographie, de son sol et de sa disponibilité en eau douce. Le sol constitué de carbonates de magnésium et de calcium, est pauvre en fer. Il est recouvert d'une couche d'humus d'épaisseur variable. Les pluies alimentent une lentille d'eau douce qui se forme au-dessus de l'eau de mer et se situe généralement au centre des plus grands atolls. La topographie générale d'un atoll comprend un lagon aux plages sableuses, un centre marécageux mais couvert d'humus et une périphérie caillouteuse. Le climat tropical s'accompagne de pluies abondantes (2 600 mm par an), survenant en ondées fréquentes, aussi la plupart de ces îles sont recouvertes d'une végétation assez luxuriante. Malgré tout, les plus petites d'entre elles sont vite affectées dès que la fréquence ou l'importance des pluies diminue. Les cyclones balayent régulièrement la région entraînant l'inondation des terres basses, la salinisation du sol, la destruction des jardins et des maisons et, autrefois, la famine. Les conditions de vie sur un atoll sont donc difficiles, pourtant des communautés humaines y vivent en cultivant toutes les parcelles disponibles dont les terres marécageuses centrales.

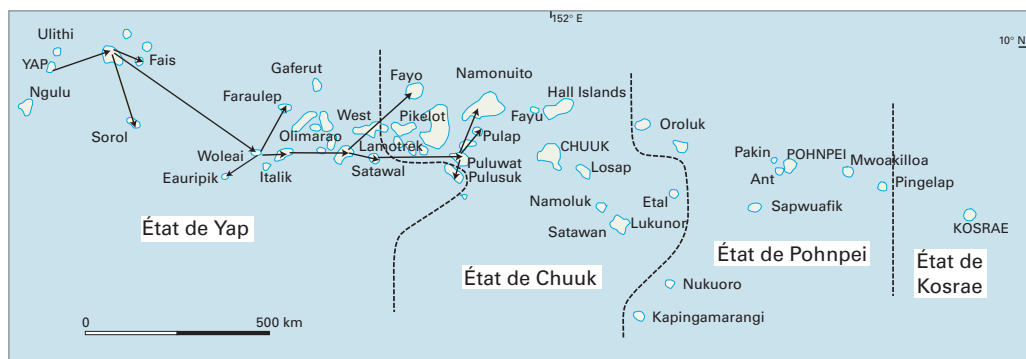
Des modes de cultures similaires ont été décrites à Hawaï et à Fidji. Il est probable qu'elles

existent ailleurs, dans l'aire de répartition des taros (*Colocasia esculenta*) et des taros de marais (*Cyrtosperma chamissonis*). Le *maa* et les systèmes apparentés décrits plus loin préfigurent l'aménagement des grands ensembles *chinampas* au Mexique.

Conduite technique

Comme dans la plupart des Carolines, le taro est une plante prestigieuse à Puluwat et Ulithi, utilisée dans les cérémonies et les rituels. Sa culture réclame beaucoup de soins et de savoir-faire. À la saison sèche, on plante dans le sol d'une dépression plus ou moins asséchée, des troncs de cocotier et de pandanus (*Pandanus* spp.), de façon à former une cuvette grossièrement ovale, parfois rectangulaire ou triangulaire. Puis celle-ci est comblée progressivement d'ordures, de troncs et de végétation en décomposition récoltée dans les jachères et les anciens *maa*, de façon à obtenir une hauteur de 1 m environ dont la moitié supérieure est constituée d'un sol artificiel friable et organique d'environ 50 cm d'épaisseur. Les côtés sont garnis de demi-noix de coco et de frondes de cocotier tressées, pour maintenir le sol en place et par souci esthétique puis le sommet est couvert de terre et de boue. À la fin de la saison sèche, on plante le taro ou le taro de marais sur ces îlots, séparés les uns des autres par des canaux de drainage de 1,5 m de large. Lorsque les pluies surviennent et comblent la dépression, ils semblent flotter sur l'eau.

Certains auteurs ont décrit à Hawaï, une technique de culture drainée apparentée au *maa*. Elle est menée dans des zones marécageuses couvertes de broussailles (*Sida fallax*). Celles-ci sont coupées et empilées jusqu'à former un plot de forme ronde ou ovale généreusement recouvert des boues retirées du marécage environnant. Ou bien, lorsque les roseaux sont de grande taille, ils sont courbés et attachés ensemble puis recouverts de terre et de boue pour former un monticule arrondi autour duquel un canal de drainage est creusé.



La fédération des États de Micronésie, montrant l'empire de Yap dans lequel existait un système d'échanges hiérarchisé de biens et de tributs. Les atolls Ulithi et Puluwat, où le *maa* a été observé, en faisaient partie.

(Source : BELWOOD, 1979)

Les taros sont ensuite plantés directement sur ces buttes. Dans l'un et l'autre cas, il s'agit d'aménager un monticule fixe de matières végétales et de boues sur lequel des taros sont plantés. Mais tandis que le *maa* est inondé, la technique hawaïenne assure un drainage autour des jardins.

Une autre technique intéressante a été mentionnée à Fiji et à Hawaii. Elle est certainement présente dans d'autres îles du Pacifique. Cette fois, elle est employée non pas dans un milieu marécageux mais au sein de véritables **tarodières en bassins irrigués**. Au centre de chaque bassin en eau on construit des monticules de terre enrichie de matières végétales. On y plante des taros de haute qualité ainsi que quelques bananiers et plants de canne à sucre. Une autre variante de cette technique est utilisée lorsque les rendements de la tarodière déclinent. On alterne alors les bassins de culture inondés avec des lits de culture surélevés, de forme rectangulaire, recouverts de feuilles de bananier et de frondes de cocotier.

Histoire et société

On connaît peu de chose sur la préhistoire des îles Carolines qui ont sans doute été peuplées il y a environ 3 000 ans par des navigateurs du complexe culturel Lapita. Les sociétés montrent une forte influence du Vanouatou, État mélanésien situé dans le Pacifique Sud-Ouest. Au moment du contact européen, les îles occidentales des Carolines font partie de ce que l'on appelle l'empire de Yap. Elles sont toutes reliées au sein d'un système d'échange hiérar-

chisé au sommet duquel se situe Yap. Chaque lignage matrilineaire de Ulithi, la plus proche de Yap, est subordonné à un lignage patrilineaire de ce dernier (district de Gagil) et domine lui-même un lignage matrilineaire de Woleai, qui domine un lignage matrilineaire de Italik et ainsi de suite jusqu'aux atolls Namonuito, Pulap et Pulusuk. À intervalles réguliers (deux à trois ans), des demandes de tributs, de dons ou d'offrandes religieuses partent de Yap et circulent d'îles en îles puis les objets remontent en sens inverse pour finalement parvenir à Yap. En échange, et selon la même voie, Yap envoie des dons aux îles extérieures. Ce système complexe, religieux, politique et économique, permet à des atolls isolés et fragiles de bénéficier de produits de première nécessité en provenance d'écosystèmes différents. Il garantit ainsi, au prix d'une grande hiérarchisation politique, la survie de tous. Les atolls les plus orientaux, dont Puluwat, cessent d'adhérer à ce système d'échanges avant la Première Guerre mondiale, alors que les Carolines sont sous administration allemande. Les autres îles l'abandonnent peu à peu avant 1945, alors qu'elles sont sous domination japonaise. Aujourd'hui, pourtant, les mêmes liens inter-insulaires relient ces communautés. Ils sont fondés sur une organisation sociale particulière, caractérisée par une segmentation importante de la population en clans, sous-clans, lignages et groupes ainsi que par des liens complexes de mariage, d'héritage, d'adoption et d'échange entre ces différentes composantes. De cette façon, chaque atoll et chaque habitant peuvent survivre aux catastrophes naturelles et aux aléas de la vie.



Taros de marais cultivés
sur les *maa* en Micronésie.

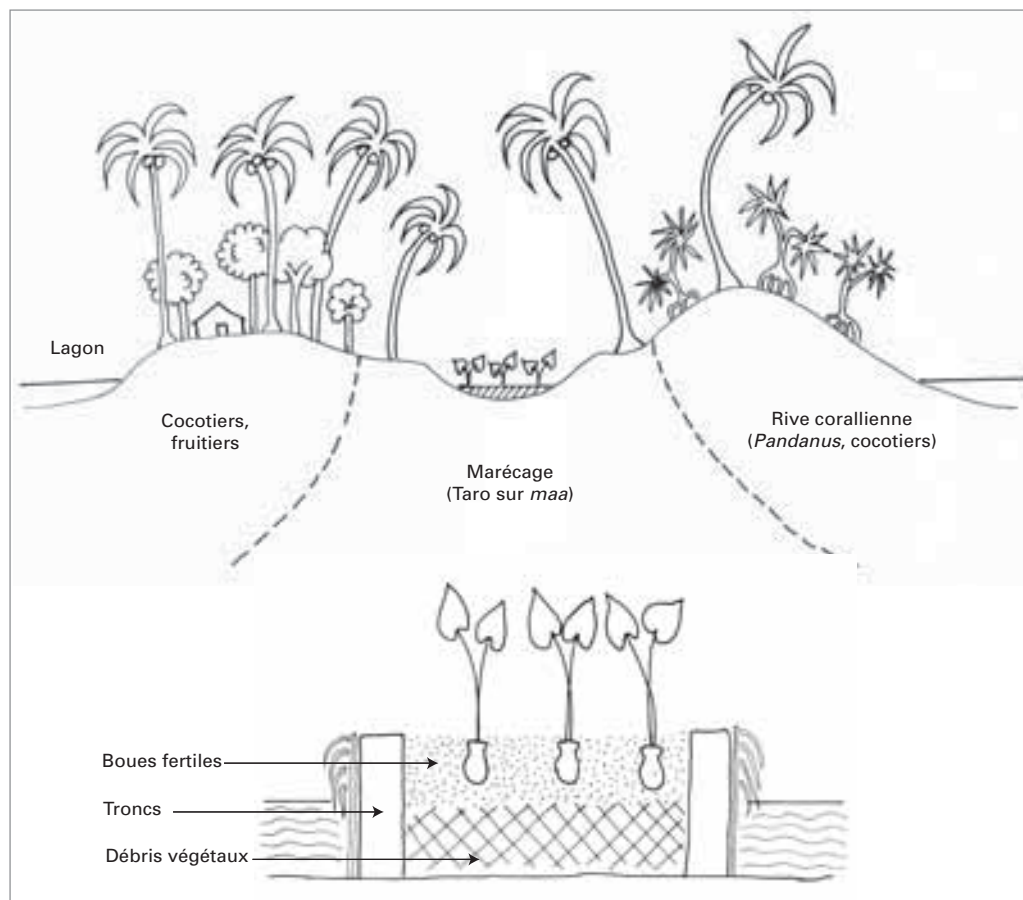
© RDK Herman, Pacific Worlds

**Paillage de feuilles de cocotier
séchées sur une parcelle de taro.**



© RDK Herman, Pacific Worlds

**Petit canal
entre deux planches de taro
à Mogmog dans les îles Ulithi.**



Le taro est sans doute introduit sur ces îles par les premières populations. Base de l'alimentation et des échanges rituels que les atolls entretiennent, il a pu s'implanter puis se multiplier durant des millénaires, malgré des conditions difficiles et les risques omniprésents. À côté des *maa*, on trouve aujourd'hui des parcelles de taro drainé, des taros cultivés en fosse (voir **Jardins d'atoll en fosse**) et même des taros cultivés dans les containers de ciments (KAZUTAKA et MICHIO, 2003) laissés par les armées japonaises et américaines. Toutes ces parcelles sont de très petite taille et sont cultivées en propre par un individu qui en a la responsabilité plus que la propriété. Cette culture est plutôt pratiquée par les femmes à qui on apprend dès le plus jeune âge la construction des *maa*, les soins à accorder aux taros et tous les savoir-faire nécessaires à l'obtention de beaux tubercules. Les hommes participent à ces travaux mais se dédient plus spécialement aux activités de pêche. Les uns et les autres travaillent généralement en petits groupes, sur la base des liens de parenté. Dans ces univers fragmentés géographiquement et socialement, où les ressources sont rares et la terre précieuse, la vie est possible grâce à la solidarité entre les groupes, dont le *maa* et les taros

Occupation de l'espace et culture sur *maa* dans les atolls micronésiens.

(Sources : <http://www.pacificworlds.com/yap/land/area.cfm> ; FALANRUW, 1993)

sont les symboles. C'est sans doute pour cette raison que la technique, mise au point il y a des millénaires, a su traverser les siècles jusqu'à nos jours. Elle témoigne néanmoins, comme les *tecallis*, d'un certain isolement des populations qui la pratiquent, mais non d'une marginalisation sociale, bien au contraire. De plus, le manque d'eau et de terre rend cette culture difficile, si bien que seuls quelques îlots supportent encore les *maa*, remplacés ailleurs par des containers de ciments garnis de compost et gérés de façon communautaire, alors que le *maa* était possédé individuellement.

Références

ALKIRE, 1965 ; BARRAU, 1961 ; BELWOOD, 1979 ; EARLE, 1978 ; FALANRUW, 1993 ; KAZUTAKA et MICHIO, 2003 ; KIRCH, 1994 ; MANNER, 1992, 1993.

Nomenclature

Les *chinampas* sont construites en empilant des matières végétales et de la terre sur le fond d'un lac peu profond, jusqu'à ce que le sommet de la planche dépasse le niveau de l'eau. Le nom dérive des termes nahuatl *chinamitl* (bassin entouré de roseaux) et *pan* (au-dessus de la surface). Les *chinampas* permettent de récupérer des zones marécageuses pour l'agriculture mais, au niveau de la planche, la fonction essentielle est l'irrigation. Elles se distinguent des *camellones* des plaines inondables en ce sens que les *chinampas* sont séparées par des canaux toujours en eau. Bien que leur construction soit similaire, elles se différencient aussi des jardins flottants, puisqu'elles ne flottent pas. De plus, elles représentent un mode de récupération des zones marécageuses, auxquelles le lac peu profond peut être assimilé, tandis que le jardin flottant est une construction de sol directement sur une nappe liquide plus profonde. Enfin, les *chinampas* peuvent être assimilées à un type particulier d'hortillonnage bien qu'elles s'en distinguent sur un point. Le drainage est effectué en créant une parcelle de terre au-dessus de la nappe d'eau tandis que l'hortillonnage allie le creusement de canaux et la surélévation des parcelles déjà existantes. En réalité, la construction des *chinampas* repose aussi sur l'assainissement du site, en étendant les canaux au-delà de la surface du lac.

Localisation géographique

Les *chinampas* sont aménagés sur les lacs de la vallée de Mexico (Xochimilco, Chalco, Xaltocán, Texcoco et Zumpango), large bassin enserré au milieu de montagnes d'origine volcanique. La vallée est située à 2 200 m d'altitude. En l'absence de drainage naturel, elle est couverte de plusieurs lacs étagés, dont quatre surplombent de plus de 3 mètres le cinquième, le lac Texcoco. C'est donc vers lui que se déversent tous les lacs échelonnés dans la vallée. C'est aussi le plus grand. En été, les cinq lacs fusionnent en un seul nommé alors le lac de la Lune. Le climat tempéré s'accompagne de pluies estivales. La pluviométrie est de 600-700 mm par an mais elle a dû être plus élevée au ^{xvi}^e siècle et lorsque les *chinampas* ont été construits. Bien que le niveau du lac soit relativement stable, l'histoire rapporte plusieurs épisodes de crue ayant entraîné de fortes inondations. À l'arrivée des Aztèques, cette zone lagunaire est insalubre, marécageuse et couverte de roseaux et de joncs. Mais lorsque les Espagnols y pénètrent, la vallée est luxuriante, couverte de planches de culture où s'épanouissent diverses espèces alimentaires. Entre-temps, la technique sophistiquée des *chinampas* a été mise au point.

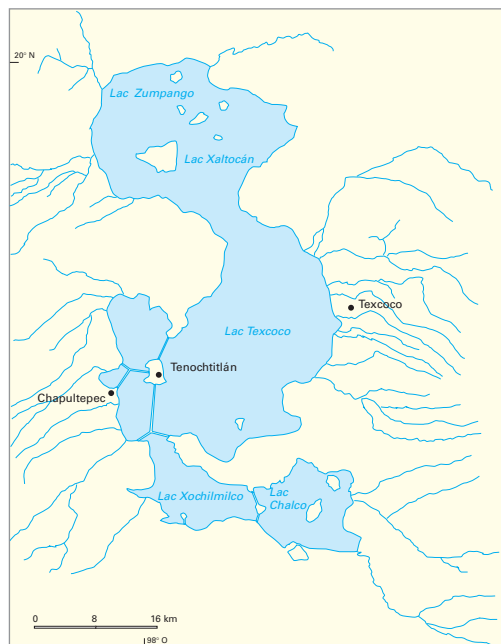
Conduite technique

Au Mexique, les *chinampas* ont été créés de préférence dans la zone centrale des lacs où la

permanence de l'eau garantit un bon niveau de production tout au long de l'année. Leur construction a été faite il y a très longtemps et n'est connue que par quelques sources écrites. Quelques incertitudes demeurent donc quant à leur mode réel de construction. Elle rappelle celle des *maa* encore mis en œuvre en Micronésie et débute comme celle des jardins flottants. Il faut tout d'abord couper à la *coa* (sorte de long bâton muni d'une lame en métal) de larges bandes dans l'épaisse végétation aquatique qui couvre le lac. Ces bandes, qui flottent encore, sont halées jusqu'à un endroit choisi, puis empilées les unes sur les autres du fond du lac jusqu'à une hauteur dépassant de plusieurs centimètres la surface de l'eau. On y dépose ensuite des boues prélevées sur d'anciens *chinampas* et au fond du lac. Cela fait, le paysan prépare des branchages (*Salix acumilata* ou *Salix bonplandiana*) qu'il plante tout autour de la planche en les tressant de façon lâche afin d'obtenir une fascine solide. Ces branches prennent racines au fond du lac et finissent par pousser. Outre leur aspect décoratif, elles protègent les *chinampas* de l'érosion, du vent, du froid et des fortes pluies, le fixent solidement au sol, attirent une microfaune utile et procurent un peu d'ombre. En l'absence de pluie, les cultures sont irriguées par l'infiltration de l'eau au travers du manteau végétal poreux, infiltration favorisée par l'étroitesse des bandes de culture.



Ancienne zone lacustre dans la vallée de Mexico (adapté de Coe, 1964 ; MORIARTY, 1969).



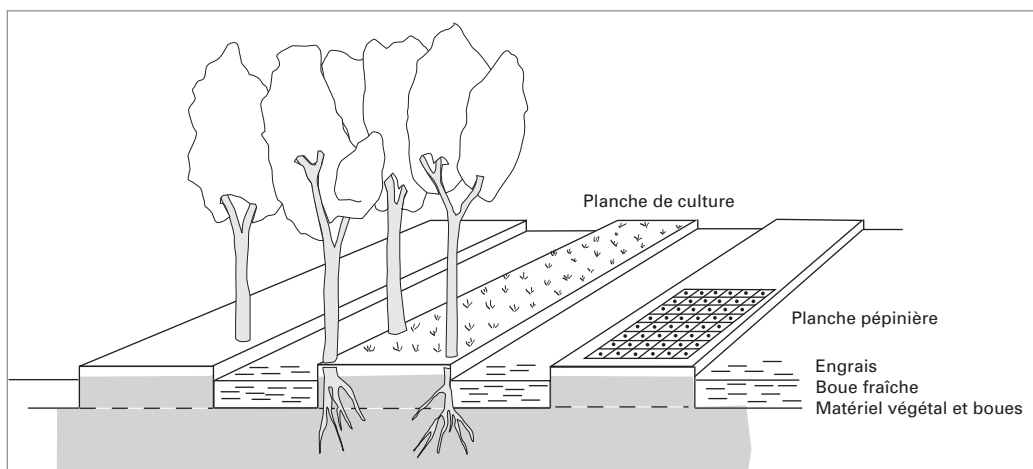
On prépare alors une pépinière, sur une bande transversale située à l'une des extrémités de la nouvelle planche ou sur un jardin flottant. L'utilisation de ces derniers comme pépinières a induit en erreur les premiers observateurs qui ont conclu que les planches de culture flottaient, ce qu'elles ne font pas ! Le mode de préparation des pépinières est sans doute l'aspect le plus caractéristique du modèle *chinampas*. La bande transversale est entourée de petits bourrelets de façon à former un casier de 3 à 10 cm de profondeur. Un compost épais mais liquide, fait d'un mélange de boue et d'herbe, est étalé sur toute la surface du casier. Une fois qu'il est bien sec, ce qui prend quelques jours, il est découpé en carrés de 5 à 10 cm en fonction des plantes que l'on souhaite y établir. Un petit trou est creusé au doigt au centre de chaque carré. Les graines y sont glissées puis sont couvertes de fertilisant naturel (animal, voire humain). Il faut encore

les couvrir d'une fine couche de paille et les protéger par des auvents de roseaux, érigés çà et là. Si le temps est trop sec l'arrosage se fait à la main, à partir de l'eau du lac. Quand les graines ont germé, le paysan retire un à un les carrés prédécoupés contenant chacun une plantule. Après avoir rejeté les plants malades, il place les autres dans des paniers et transporte le tout en pirogue jusqu'à la *chinampa* de culture où ils sont repiqués.

Cette dernière, qui vient juste d'être récoltée, est nettoyée avant le repiquage, labourée puis recouverte d'une couche de boue, prélevée à l'aide d'un panier fixé au bout d'un long manche (le *zoquimaïtl*). Cet outil rappelle celui qui est actuellement utilisé dans l'aménagement des jardins flottants. Des trous sont immédiatement creusés dans le sol préparé. De fines boues diluées sont versées dans chacun d'eux, puis un petit bloc de terre supportant sa plantule y est glissé. Une autre couche de terre et de fertilisant est placée autour de la plante puis un paillage est fait et des treillis végétaux installés. Le sol est régulièrement fertilisé par des couches de boue ou de plantes aquatiques, ce qui permet de pratiquer une agriculture intensive, année après année. Différentes espèces végétales sont cultivées sur ces jardins. À côté du maïs et des haricots, poussent des légumes tels que la tomate, le piment, l'oignon, la coriandre, la carotte, les pois ainsi que des fleurs et de petits arbres fruitiers. Le lac fournit des poissons et la volaille s'établit parfois entre les cultures.

Histoire et société

Lorsque les Espagnols de Cortés pénètrent dans la vallée de Mexico, au XVI^e siècle, ils découvrent un paysage lacustre d'une extrême beauté. Toute la vallée jusqu'au bassin lacustre Xochimilco-Chalco est occupée par des lacs, des marais et des bas-fonds couverts de planches de culture. Les villes, telles que Mizquic, Cuitlahuac et Xochimilco ainsi que de nombreux hameaux sont installés directement sur des îles lacustres artificielles construites par les hommes. Tenochtitlán, la grande capitale aztèque, est elle-même bâtie sur une île au milieu du lac Texcoco. L'empire aztèque est alors à son apogée.



L'origine des *chinampas*, ces planches de culture qui ont tant impressionné les Espagnols, se situe dans le bassin lacustre de Xochimilco-Chalco mais leur ancienneté est peu connue. L'occupation de la vallée de Mexico est attestée 6 000 ans avant Jésus-Christ. Alors que les zones arides du Mexique sont peuplées par des groupes de chasseurs-cueilleurs mobiles, les conditions plus humides et tempérées du bassin de Mexico autorisent l'installation résidentielle, à longueur d'année, de communautés humaines qui exploitent les ressources sylvestres environnantes, puis pratiquent sans doute un peu d'agriculture. Au premier millénaire avant Jésus-Christ, les implantations humaines se font sur les piémonts et les bords des marais. Les communautés villageoises vivent de l'horticulture et de l'artisanat, comme l'ont montré des fouilles archéologiques récentes sur les bords du lac Chalco ou sur les rives de Zahopilco-Tlapacoya, où de larges plaques de guano de chauve-souris, habituellement utilisé comme engrais, sont datées de 800 av. J.-C. (NIEDERBERGER BETTON, 1985). En 650 de notre ère, la chute de Teotihuacán disperse toute la population dont une large partie migre près du lac Chalco. Les lacs sont alors d'un niveau élevé et inondent l'ensemble du bassin. Néanmoins, et bien que les vestiges agricoles datant de cette époque rappellent les *cameltonnes*, ces champs surélevés classiques de l'Amérique latine, il est possible que les premières *chinampas* aient été créées à cette période, pour soutenir une population devenue nombreuse dans un environnement pauvre en terres fertiles. Par la suite, l'histoire du peuplement et la transformation hydrographique de la vallée créent les conditions favorables au développement des *chinampas*. Après une longue errance, les Aztèques venus des plaines du nord s'installent sur le lac Texcoco, alors une lagune marécageuse couverte de roseaux,

Schéma des *chinampas*.

(Sources : COE, 1964 ; MORIARTY, 1969)

et créent Tenochtitlán en 1325. À partir du XIII^e siècle, le réseau hydrographique de la vallée s'assèche en partie, laissant des lacs peu profonds, favorables à l'installation des *chinampas*, alors que les terres sont rares pour nourrir une population en pleine croissance. Les terres de berges sont insuffisantes, celles des pentes difficiles à irriguer aussi ne reste-t-il que le lac lui-même pour survivre. Si les *chinampas* ont existé avant l'implantation des Aztèques, il est certain que ces derniers les ont développées eux-mêmes quand ils se sont installés dans la vallée de Mexico. La période d'expansion maximale se situe entre 1400 et 1600 et s'accompagne d'une importante augmentation de la population dont l'organisation sociale devient complexe. Les paysans qui cultivent les *chinampas* assurent ainsi la formation et le développement de l'empire aztèque, grâce à une forte production agricole permettant d'alimenter les cités et les armées. On pense qu'une superficie de 9 000 ha nourrit à cette époque 100 000 personnes. Les populations citadines de Mexico et des autres villes de la vallée sont ainsi en partie nourries par les grandes quantités de produits cultivés sur les *chinampas* puis acheminés quotidiennement en pirogue vers les marchés urbains quand ils ne sont pas directement versés comme taxes. Le reste est fourni par les tributs vivriers offerts par les populations vassales et des basses vallées (Balsas en particulier).

Plusieurs facteurs ont contribué à cette réussite. Tout d'abord les conditions climatiques et hydrologiques sont favorables à ce mode d'agriculture. Ensuite, une administration forte

et bien organisée contrôle l'ensemble des aménagements agricoles. Ainsi, l'ensemble des planches de culture longées par des canaux de circulation, est orienté selon un axe sud/sud-ouest à nord/nord-est. Les vastes parcelles sont protégées par des digues communautaires et le niveau de l'eau est constamment régulé par des séries d'écluses, de rigoles et de barrages. Enfin, l'augmentation de la population accroît la force de travail nécessaire à cette agriculture intensive. La rotation des cultures, la fertilisation incessante des planches, la grande diversité des espèces permettent de cultiver tout au long de l'année, en évitant les ravageurs et en respectant la fertilité du sol.

Dans ce contexte, l'arrivée des Espagnols a trois conséquences majeures : l'introduction de nouvelles plantes, la destruction de l'empire aztèque et l'assainissement du bassin. La chute de l'empire aztèque entraîne la détérioration de tout le système hydraulique de la vallée en détruisant les structures administratives qui permettaient son contrôle. L'assainissement progressif entrepris par les Espagnols (drainage, percement de puits et construction de routes praticables par les charrois) entraîne alors la réduction des zones à *chinampas*, aggravée par une salinisation des sols et le comblement des lacs. Ce dernier est dû à un surpâturage, sur les pentes, du cheptel ovin introduit par les Espagnols. Néanmoins, la diversité accrue des productions et le maintien des techniques pratiquées par les paysans permettent au système de perdurer sur une surface réduite.

De nos jours, légumes et fleurs arrivent par camion et non plus par pirogue mais les *chinampas* continuent d'approvisionner Mexico. L'expansion de la ville exerce une forte pression sur eux : l'eau et l'air sont pollués, les terres agricoles sont réduites, la cité prélève pour ses besoins une eau qui finit par manquer à l'agriculture. Malgré les risques actuels engendrés par les perturbations écologiques de la région, la salinité des sols et le manque d'eau, la multiplication des ravageurs ou des maladies et les fluctuations du marché, les paysans continuent de cultiver les *chinampas* qu'ils ont reconvertis avec un certain succès à la floriculture (fleurs coupées et plantes ornementales). Ils créent (ou réhabilitent) des formes de collaboration sociale (échanges de travail et de services), diversifient leur travail (emploi rémunéré à la ville) et leurs cultures. Une quarantaine d'espèces légumières sont aujourd'hui cultivées pour l'auto-consommation des producteurs et le maraîchage vendu en ville. Le maintien de cette large biodiversité s'accompagne maintenant de manipulations génétiques sur le stock végétal. Enfin, l'écotourisme contribue, faiblement, au maintien de cette culture ancienne.

Références

ARMILLAS, 1971 ; BALLWEBER, 1996 ; COE, 1964, 1994 ; JIMENEZ-OSORNIO et DEL AMO, 1988 ; JIMENEZ-OSORNIO et GOMEZ-POMPA, 1991 ; MORIARTY, 1969 ; PARSONS, 1976 ; PARSONS *et al.*, 1985 ; SALAS, 1988 ; TORRES-LIMA *et al.*, 1994 ; WEST et ARMILLAS, 1950 ; WILKEN, 1985, 1987.

Surélever les cultures

Marais de l'Akagera au Rwanda.



© IRD/J. Laure

Les États ont asséché des marais en y aménageant un exutoire associé à un réseau de fossés de drainage. Mais dans beaucoup d'endroits et à toutes les époques, des paysans ont assaini les marais en réalisant des aménagements qui embrassent une gamme complète de dispositifs du plus élémentaire au plus sophistiqué. Un grand nombre d'entre-eux alternent des planches de culture exondant les racines des plantes avec des canaux drainant la parcelle. Ils sont l'objet de ce chapitre.

Il est parfois délicat de différencier une culture drainée, d'une culture en planches surélevées, intercalées à des canaux d'irrigation car tout se résume à une succession de planches et de canaux. Les dimensions des planches (longueur, largeur et hauteur) ainsi que la profondeur et la largeur des canaux varient en fonction de la topographie des lieux, de la configuration du réseau hydraulique et du type de plantes cultivées. On a bien montré qu'une même technique peut, sous des appa-

rences similaires, répondre à des fonctions contrastées que seule l'analyse des pratiques, c'est-à-dire des manières et usages, peut éclairer (SIGAUT, 1975). Dans ce cadre, l'hydrologie locale, l'histoire des aménagements, la périodicité des cultures et les objectifs de production poursuivis par les producteurs amènent à distinguer les différentes fonctions assurées par ce type d'aménagement. Plusieurs points sont à considérer.

Tout d'abord, l'usage est saisonnier ou permanent. La culture saisonnière est liée à l'assèchement des canaux, à la survenue d'une crue ou bien, dans les pays tempérés, à l'été. Dans ce cas, les canaux ne sont pas en eau de façon permanente alors que dans les zones marécageuses ils le sont, permettant de cultiver à longueur d'année des plantes adaptées. On distingue ensuite les aménagements destinés en priorité à assainir un site de culture (les canaux sont toujours en eau comme dans les zones marécageuses) et ceux destinés à

drainer les parcelles (les canaux sont saisonnièrement en eau comme dans le cas des ados ou *camellones* en plaine inondable). Enfin, on peut drainer à la fois le site et les parcelles. Ainsi, dans les zones de mangrove, la construction d'une digue séparant le site de la mer, permet un assèchement partiel des terres. Les parcelles sont ensuite drainées en creusant des canaux dans le substrat boueux. La *riziculture de mangrove* en Afrique ou la culture du taro dans les mangroves de Micronésie (Yap) sont de bons exemples de ce type d'aménagement. Dans les marécages situés à proximité des fleuves ou des lacs, il est aussi nécessaire d'installer des digues et des canaux de dérivation pour maîtriser les crues occasionnelles comme au Mexique (Tlaxcala) ou en Bolivie (*waru-waru* du lac Titicaca). Dans ces cas-là, les fonctions de drainage et d'irrigation se confondent et se succèdent.

La diversité de ce type d'aménagement, fondé sur la succession de planches surélevées et de canaux en eau, reflète les adaptations locales, aussi la nomenclature est imprécise. Le terme de « billons chinois » est réservé aux gros billons élevés chaque saison dans les rizières. Quant aux dénominations anglophones et hispanophones : *raised beds*, *drained fields*, *ridged agriculture*, *poldered fields*, *campos elevados*, *camellones*, elles s'appliquent aussi bien à de simples ados et à des billons classiques pour l'irrigation à la raie qu'aux différents types d'hortillonnage. Seul le français semble disposer d'un terme particulier qui est un régionalisme picard.

Dans ce chapitre, le terme d'hortillonnage est donc réservé à des planches de culture surélevées, de 80 cm de hauteur minimum, permanentes et séparées par des fossés parallèles ou des canaux disposés à angle droit, en eau toute l'année, dont la fonction de drainage est

primordiale, la fonction d'irrigation y étant associée. On exclut donc des hortillonnages le groupe des simples ados construits en vallée inondable (comme dans les *camellones* sud-américains) ainsi que les systèmes fondés sur des planches de faible élévation supportant des cultures pour lesquelles aucune fonction d'irrigation n'est mentionnée.

En Europe, les hortillonnages se blottissent au cœur des villes, par exemple sous les cathédrales d'Amiens et de Bourges. On en trouve dans la campagne à proximité de Saint-Omer dans le marais audomarois et dans le marais poitevin. En Amérique latine, on retrouve des systèmes similaires en usage au Mexique (Tlaxcala) ou bien à l'état de vestiges en Bolivie sur les bords du lac Titicaca (*waru-waru*). Au Guatemala, les *tablones* placés dans les basses vallées ou les deltas sont des formes d'hortillonnage et leur présence est suspectée dans les zones marécageuses d'altitude. En Asie, il existe des hortillonnages très productifs en Thaïlande mais en Birmanie et au Vietnam, leur développement est encore limité. En Océanie, les grands aménagements situés dans les zones marécageuses et destinés à la culture du taro ou de la patate douce y sont assimilés. En Indonésie, les systèmes *surjan* à Java et *pasang surut* à Kalimantan sont en pleine activité. Mais s'agissant d'une conversion au cours du temps de tout un territoire, ils seront traités dans le chapitre 4. En Afrique, les fonds de vallée du Rwanda sont aménagés en hortillonnages, qui pourraient également exister sur les rives du lac Tchad. Trois exemples d'hortillonnage ont été retenus, parmi de nombreux autres : les *jardins drainés* cultivés en patate douce par les Dugum Dani de Papouasie-Occidentale ; les *hortillonnages picards*, à l'origine du terme, et les *hortillonnages poldérisés* de type *thaïlandais*.

Les *camellones* sud-américains

Nomenclature

Depuis les années 1960, l'aménagement ancien des vallées saisonnièrement inondables a retenu l'attention des archéologues, des géographes et plus récemment des agronomes. L'alternance maintes fois répétée d'un champ surélevé et d'un fossé, la trace de canaux, parfois de digues ou d'autres terrassements, déconnectés de tout usage actuel, surprennent. On s'interroge sur leur origine, leur fonction, leur potentialité pour le futur.

L'anglais les désigne sous les termes descriptifs suivants : *raised field*, *ridged field*, *drained field* ou encore *ridge and furrow*. L'espagnol « *camellones* », très répandu, est consensuel parmi les chercheurs mais peut signifier d'autres réalités pour les paysans d'aujourd'hui. Les termes de *waru-waru* et de *pijal* sont très localisés, ce dernier n'étant connu que d'une poignée de chercheurs. Le vocable castillan de « *camellón* » a lui-même au moins trois autres sens. Un premier renvoie aux traces que les pieds des mules laissent dans les chemins argileux des versants andins. La forme du modelé et la signification du mot sont proches de l'expression française « tôle ondulée » qui évoque bien l'image de l'alternance maintes fois répétée de creux et de bosses parallèles, comme il s'en forme aussi sur les pistes routières mal entretenues. Les deux autres sens sont agricoles : celui de « rang butté » apparaît dans un texte des Relations géographiques des Indes de 1582, et celui de « monticules de terre artificiels » créés dans le lit majeur des oueds (*quebradas*) est utilisé par les habitants de la zone sahélienne au nord du Pérou.

À l'article *Camellón*, le dictionnaire de l'Académie royale de la langue espagnole renvoie simplement au mot « *caballón* » qui lui est défini comme « la terre entre deux sillons », « la terre levée pour butter les légumes » ou encore « en irrigation, [la terre] que l'on place pour contenir les eaux ou les orienter ».

Le terme « *caballón* » est homonyme du provençal et du languedocien « *cavalhon* ». Le même phonème est passé en français sous la graphie « cavaillon » (*Petit Robert*). Sa signification actuelle est singulièrement plus étroite qu'en espagnol. Le mot n'est plus employé qu'en viticulture pour désigner la tranche de terre qui subsiste entre les ceps après le labour, et que l'on ôte à la fin de l'hiver avec la décavaillonneuse.

En français, le terme ados paraît approprié, en particulier dans l'acception liée à l'assainissement du sol : « longue portion de terre bombée, de faible largeur (5 à 7 m) établie en vue d'un assainissement » (*Larousse agricole*) et par extension pour le drainage du site. La définition reprend à la fois le modelé et la fonction essentielle du *camellón*. C'est donc la traduction que nous adopterons, à la suite de MORLON (1992-1998).

Le terme *waru-waru* est unanimement utilisé au Pérou pour désigner les ados, alors qu'en

réalité, il n'apparaît ni dans les dictionnaires aymara, ni dans les dictionnaires quechua anciens. *Huaru* est un suffixe aymara qui signifie haut et profond, ou bien un terme placé devant le mot qu'il qualifie pour signifier « nombreux ». Dans les dictionnaires de quechua, le même terme désigne tout autre chose, soit une construction sommaire permettant de franchir un cours d'eau, soit un terrain pierveux ou un tas de pierre. C'est donc dans la langue aymara, dont l'influence s'étendait jusqu'aux rives du lac Titicaca, qu'il faudrait rechercher l'origine du terme *waru-waru*.

Le terme *pijal*, peu connu, est issu d'une langue aujourd'hui perdue, située au nord des Andes équatoriennes, avant la domination Inca (CAILLAVET, 1983). Il désigne les ados, mais renverrait plus au site de « terrain humide » qu'au modelé.

Localisation géographique

Depuis les premières identifications dans les *llanos* (plaines) de Mojos en Bolivie, la vallée du fleuve San Jorge en Colombie et les *llanos* de l'Orénoque, les surfaces reconnues de champs élevés ont constamment progressé. L'observation systématique des quelques grandes plaines inondables, puis l'attention portée aux alentours des premiers sites signa-

Lieu	Superficie	Référence
Plaine du Guayas, < 100 m	1 600 ha	PARSON (1969)
Plaine du Guayas, < 100 m	4 000 ha	DENEVAN (1970)
Plaine du Guayas, < 100 m	24 000 ha	PARSONS et SHELTON (1981)
Plaine du Guayas, < 100 m	50 000 ha	MATHEWSON (1982)
Vallée de Cayambe, 2 700 m	405 ha	RYDER (1970)
De 2 300 à 3 100 m d'altitude	2 000 ha	GONDARD et LOPEZ (1983)

Tableau 1

Évolution de la reconnaissance des surfaces aménagées en *camellones* au fur et à mesure des découvertes effectuées en Équateur, dans la plaine côtière du Guayas et dans les vallées intra-andines du nord du pays.

lés, ont permis de mieux mesurer l'extension réelle de ce type d'aménagement (tabl. 1).

Au fur et à mesure que les recherches progressent, le nombre des sites reconnus et les superficies mesurées augmentent. L'extension des surfaces aménagées serait, dans l'état actuel des inventaires, de l'ordre d'une dizaine de milliers de kilomètres carrés, dont 600 000 ha dans les *llanos* de Mojos en Bolivie, 200 000 ha dans la basse vallée du Río San Jorge en Colombie, et 82 000 ha autour du lac Titicaca, au Pérou et en Bolivie. Onze autres sites ou groupes de sites sont recensés (voir la carte).

Qu'il s'agisse des savanes tropicales ou des altiplanos andins, tous ces sites ont en commun d'être localisés sur des terrains de très faible pente, souvent situés dans des bassins de subsidence au mauvais drainage naturel, soumis au rythme contrasté d'inondation et de sécheresse, suivant le rythme des saisons. La construction des champs surélevés dans cette situation de plaines saisonnièrement inondables ne laisse que peu de doute sur une fonction essentielle du façonnement, le drainage ; tous les auteurs s'accordent sur ce point. Il est cependant nécessaire de considérer séparément l'assainissement de la parcelle et le drainage du site, cette distinction fondant la différence avec les *chinampas* (les canaux sont toujours en eau).

Conduite technique

La construction de champs surélevés au-dessus du niveau originel du sol, par accumulation de terre provenant du creusement des fossés adjacents, est abandonnée depuis longtemps. Les traces de ces aménagements sont pour la plupart passées inaperçues jusqu'à ce que l'observation systématique des photographies aériennes n'entraîne, à partir des années 1960, l'explosion de surfaces reconnues. Sur ces documents, la physionomie de la végétation varie entre le champ et le fossé, soulignant la persistance d'un micro-relief peu visible sur le terrain. On peut distinguer trois formes principales de champs surélevés : les



- | | |
|--------------------|---------------------------------------------|
| 1 Hertenrits | 8 Lac Titicaca |
| 2 Makuxí | 9 Llanos de Mojos |
| 3 Karinya | 10 Guato |
| 4 Caño Guanaparo | 11 Lerma Valley |
| 5 San Jorge | 12 Nord des Andes équatoriennes |
| 6 Savane de Bogota | 13 Lac Tolita (Équateur), Tumaco (Colombie) |
| 7 Guayas | 14 Guyane française |

Les sites de *camellones* dans les plaines inondables d'Amérique du Sud (d'après DENEVAN, 1970, complété par l'auteur).



© P. Gondard

plates-formes, les monticules et l'alternance maintes fois répétée d'un champ surélevé allongé et d'un fossé. Les plates-formes, bien qu'également entourées de fossés, se reconnaissent à leurs dimensions massives (25 m de large, 400 m de long et 15 à 60 cm de hauteur). Plus rares, les alignements de buttes circulaires de 2 m de diamètre ont également été décrits au Surinam, en Guyane et à l'ouest du Mato Grosso. Les champs surélevés qui alternent régulièrement avec les fossés sont plus étroits que les plates-formes, sans que l'on puisse sérieusement établir une dimension moyenne. Disons qu'elle se situe aux alentours de 6 à 8 mètres de large, avec d'énormes variations d'un site à l'autre et sur un même site, mais n'atteint que rarement les 20 m. Les longueurs les plus fréquentes mesurent quelques dizaines de mètres, bien que celles supérieures à 100 m ne soient pas rares. Les hauteurs actuellement observables sont généralement modestes, de l'ordre de quelques dizaines de centimètres.

L'observation aérienne permet de relever différents modèles d'organisation structurant les ensembles de champs surélevés. À la suite de plusieurs auteurs, on reconnaît :

- un modèle « aligné » : les champs étroits (7 à 8 m de large) et longs (jusqu'à 500 m) sont placés perpendiculairement à la pente ;
- un modèle « riverain » : les champs sont disposés perpendiculairement au lit du fleuve ou aux canaux dans lesquels débouchent les fossés ;

Camellones préhistoriques en lignes, Llanos de Mojos, Amazonie bolivienne.

- un modèle à « endiguement irrégulier » : plusieurs champs sont ceints par une digue ;
- un modèle « en échelle » : les champs grossièrement alignés mesurent de 15 à 25 m de large et de 30 à 70 m de long ;
- un modèle « en damier » : des groupes de 4 à 20 champs, de 5 à 20 m de large et 2 à 40 m de long, sont disposés perpendiculairement les uns aux autres ;
- des modèles « en éventail », « en arête de poisson », « en pelure d'oignon » regroupant plusieurs champs de forme semi circulaire et s'apparentant probablement à une variante du modèle « peigné » (SMITH *et al.*, 1968) ou aux « champs courbes » (PATIÑO, 1998).

Avantages

- Dans des zones de faible pente et de mauvais écoulement naturel on élève le niveau du champ au-dessus de celui de la crue. Les quelques dizaines de centimètres exondés suffisent à assainir le sol et éviter l'asphyxie des plantes, qu'il s'agisse des tubercules andins ou du manioc des basses terres, tous très sensibles à un excès d'humidité.
- Par ailleurs, il est possible que le modèle d'organisation de ces champs corresponde à différents objectifs de gestion de l'écoulement de l'eau. Ainsi, le modèle « riverain » ou « linéaire »

favorise l'évacuation de la crue. Le modèle « en damier » freine la circulation de l'eau et tend à retarder son écoulement, le site étant lui-même drainé par des canaux qui longent ou parfois traversent ces champs.

- La prolongation de l'humidité (de durée variable suivant les années), au-delà de la saison des pluies ou pour étendre une crue trop faible, peut être également recherchée. En effet, à trop se focaliser sur la période d'inondation on risquerait d'oublier que la sécheresse saisonnière constitue sous ces latitudes une limite aussi radicale de l'activité agricole que l'excès d'eau. Ainsi, dans la plaine de Cayambe un modèle « en damier » est entouré de digues en demi-lunes orientées, ouvertes vers l'amont, de telle sorte qu'elles devaient accumuler l'eau entre les champs élevés et non pas l'empêcher d'entrer.

- L'eau assurant un rôle de régulateur thermique, les fossés permettent également de diminuer l'impact des gelées dans les hautes terres andines. Néanmoins, la diminution du risque de gelée n'était pas l'objectif premier des constructeurs de champs surélevés.

- La régénération de la fertilité du champ surélevé était en grande partie assurée au moment du curetage des fossés par l'apport du matériel d'érosion, du limon et des végétaux décomposés qui s'étaient accumulés dans les drains.

Histoire et société

Mis à part les quelques ados reconstruits par différents programmes d'archéologie appliquée au développement, la plupart des formes et des sites reconnus sont certainement antérieurs à la colonisation espagnole. Juan de Castellanos (1536) mentionne *des chaussées, des traces d'habitat et de vieux champs surélevés (camellones)* dans un secteur non précisé des *llanos*. Tout cela paraît déjà abandonné dans les premières années qui suivent la conquête. Fray Jacinto de Carvajal (1647) évoque également *des façonnements en terre* dans les *llanos*. La description la plus précise est celle du Père Gumilla qui observait, au XVIII^e siècle, une pratique curieuse des habitants de la savane (*campos limpios*) : *avec les pelles... ils élèvent la terre (dans les endroits humides) de part et d'autre du fossé (surco), en recouvrant la paille et le foin avec la terre extraite d'un côté et de l'autre et ensuite ils sèment leur maïs, manioc et autres racines et partout beaucoup de piment.*

Il n'est cependant pas certain que l'observation du Père Gumilla s'applique à la construc-



© IGM Équateur

Camellones préhistoriques, vallée de Cayambe, province de Pichincha, Andes du nord de l'Équateur.

tion d'un ados. Dans un premier article, Denevan date les *camellones* du Guayas de 500 apr. J.-C., ceux du Surinam de 700 apr. J.-C., et ceux de Barinas au Venezuela (DENEVAN, 1974), entre 1000 et 1400 apr. J.-C. Pour les aménagements du bassin du Guayas, MARCOS (1982) s'appuyant sur les travaux de PARSONS et SHELMON (1981) avance une date très ancienne des débuts du II^e millénaire av. J.-C. Pour ceux de La Tolita, au nord-ouest de la côte équatorienne, TIHAY et USSELMANN (1998) proposent 300 à 400 av. J.-C., pour le début des terrassements. Au nord du lac Titicaca, Erickson propose une première période de construction et d'utilisation entre 1000 av. J.-C. et 300 apr. J.-C., suivie d'un abandon pendant plusieurs siècles et une deuxième période de construction et d'utilisation qui débiterait vers 1000 apr. J.-C. et se poursuivrait jusque vers 1450, au moment de la conquête inca dans la région. Au sud du lac, les dates proposées par Kolata et rapportées par BOUYSSSE CASSAGNE (1992) correspondent à l'époque de Tiwanaku IV (350-750 apr. J.-C.). Ces terres riveraines auraient été de nouveau en production entre 750 et 1100 apr. J.-C..

Nous disposons donc, pour les ados du bassin Titicaca, d'une séquence géo-historique conti-

nue et cohérente pendant 2 500 ans, de 1000 av. J.-C. à 1450 apr. J.-C. Ces centres agricoles correspondent aux noyaux géographiques des sociétés qui se sont développées sur les rives du lac. Leur déplacement correspond aux migrations des centres de pouvoir : la culture Pucará au nord-ouest du lac, recouvre la première période d'agriculture sur ados datée par Erickson. La culture Tiahuanaco au sud du lac, pendant la période d'effacement du nord, coïncide avec la datation des ados du sud faite par Kolata. Le développement de Collas au nord-ouest du lac, après l'effacement de Tiwanaku coïncide avec la deuxième période d'agriculture sur ados datée par Erickson. Une telle coïncidence entre zone d'agriculture intensive et centres de pouvoir ne saurait être fortuite. Elle n'en est pas moins délicate à interpréter.

La focalisation de l'observation sur quelques aspects techniques spécifiques de la production risque d'occulter l'intérêt d'un système complexe d'utilisation d'un milieu inondable ou humide, dont la production agricole n'est qu'un des éléments. Certains auteurs soulignent opportunément la complémentarité nutritive des hydrocarbures des tubercules, produits sur les champs surélevés, et des protéines, fournies par la pêche et la chasse (PLAZAS, 1981 pour la vallée du Río San Jorge et ERICKSON, 1986 pour les *llanos* de Mojos). L'existence des canaux artificiels permet l'élevage du poisson et facilite la pêche dans les zones éloignées des fleuves. Les voies d'eau sont aussi importantes pour les échanges.

On a également remarqué que les *camellones* sont systématiquement groupés, par 4, 5 ou 6 (+ multiples ou sous-multiples). Grâce aux travaux d'ethnohistoire de CAILLAVET (1983) sur les débuts de la colonie, il nous semble que, dans le cas du modelé « en damier », l'unité foncière ne serait pas les *camellones* pris séparément mais les regroupements de ceux-ci. Ces petits « paquets » de *camellones* pouvaient donc composer les éléments de petites propriétés privées composées de parcelles dispersées.

Il est aujourd'hui bien difficile de déterminer la quantité de main-d'œuvre nécessaire à la construction des *camellones* et de la population qu'ils pouvaient nourrir. Cette question se double d'une autre non moins redoutable : comment se fait-il que des sites si intensément aménagés soient maintenant quasi vides d'hommes ?

Il est probable que l'aménagement n'ait pas été le fruit d'une décision soudaine de transformer du jour au lendemain quelques centaines ou quelques milliers d'hectares et donc que la construction des ados s'étale dans le temps. Suivant certains auteurs, elle aurait pu être réalisée progressivement au sein des groupes familiaux. L'entretien apparaît ensuite comme un processus cumulatif, beaucoup moins contraignant, bien que tout aussi nécessaire.

Camellones contemporains construits en 2000 et entretenus, El Pigual, Puyo, province de Pastaza, Équateur.



© P. Gondard



© P. Gondard

Il nous paraît cependant que plusieurs milliers d'hectares aménagés en ados ne peuvent être gérés par quelques individus ou familles isolées ; il y faut une coordination supérieure. On constate en effet que la plupart de ces aménagements ont été réalisés sur le territoire de sociétés dont on sait qu'elles avaient atteint un degré avancé de différenciation interne et d'organisation hiérarchique.

Le va-et-vient de la construction/utilisation entre les sites du nord-ouest du lac Titicaca et ceux du sud montre également des abandons définitifs ou temporaires, liés aux évolutions politiques locales. On peut ainsi associer les ados non seulement à la présence d'une population agricole suffisamment nombreuse pour les construire et les entretenir, mais encore à un certain type d'organisation sociale. Dépassant les seuls groupes familiaux, il repose sur des chefferies ou, dans certains cas, constitue des États centralisés.

Les ados et autres terrassements spécifiques des plaines inondables ont traversé les siècles. Mais s'ils ont pu subsister jusqu'à nous c'est parce qu'ils s'inscrivent dans des zones de très faibles densités, soit régionales comme les Mojos ou le San Jorge, soit locales à l'intérieur d'haciendas. Dans presque tous les cas c'est

Camellones anciens réhabilités, bord du lac Titicaca au nord de Puno (Pérou).

l'élevage extensif, moins perturbateur du sol, ou les régions vides d'hommes, qui ont protégé les formes héritées d'une agriculture relativement intensive et d'une population nombreuse. Ailleurs les ados sont maintenant effacés par le labour ; la trace n'en subsiste plus que dans les photographies aériennes anciennes. Ce n'est pas le milieu qui a changé, mais la société qui le met en œuvre et construit des paysages... qui nous paraissent si naturels.

Références

BOUCHARD, 1995 ; BOUYASSE-CASSAGNE, 1992 ; CAILLAVET, 1983 ; DENEVAN, 1970 ; ERICKSON, 1980, 1986 ; GONDARD, 1984, 2006 ; GONDARD et LOPEZ, 1983, 2006 ; KOLATA, 1991 ; MORLON, 1992 ; NORDENSKIÖLD, 1916 ; PARSONS et SHELTON, 1981 ; PLAZAS et FALCHETTI DE SAENZ, 1981 ; ROSTAIN, 1991 ; SMITH *et al.*, 1968 ; TIHAY et USSELMANN, 1998 ; VALDEZ, 2006 ; ZUCCHI et DENEVAN, 1974.

fiche 12

Les jardins drainés des Dugum Dani de Papouasie-Occidentale¹

Nomenclature

Ce type de culture permet d'assainir un site mal drainé, en altitude comme en plaine, en creusant des canaux et surélevant des planches de culture de façon à contrôler la nappe d'eau et fournir aux plantes l'humidité dont elles ont besoin. La présence de l'eau évite aussi la prolifération des mauvaises herbes et entretient la fertilité du sol. Le paysage aménagé ressemble à un damier de plots cultivés séparés par des fossés toujours en eau. La technique s'apparente aux hortillonnages et s'adresse ici à la culture des tubercules : taro ou patate douce.

Localisation géographique

La culture drainée a tout d'abord, et pendant longtemps, permis de cultiver le taro (*Colocasia esculenta*) puis a été adaptée à la culture de la patate douce (*Ipomoea batatas* (L) Lamk), introduite il y a environ 500 ans. Elle est répandue dans tout le Pacifique mais elle prédomine en Nouvelle-Guinée depuis les basses vallées encaissées jusqu'à 2 000 mètres d'altitude. Parmi les zones remarquables, citons les plaines marécageuses de la vallée de la Baliem, en Papouasie-Occidentale, aménagées par les Dani, les bords du lac Paniai où les Kapauku cultivent la patate douce, les cuvettes de la région de Tari occupées par les Huli, celles de la baie de Milne, les marais du plateau Nembi, ainsi que les vestiges archéologiques de Kuk dans la haute vallée de la Wahgi.

On retrouve la culture drainée au Vanouatou, dans les vallées fermées du centre de Pentecôte et à Aneytium ; en Nouvelle-Calédonie ; aux îles Cook ; à Wallis et Futuna, dans les îles Horn ; à Fidji dans les zones de Lakeba, de Batiki et de Moala ; à Samoa ; aux îles de la Société ; à Tubuai et à Rurutu ainsi que dans certaines régions d'Hawaii.

L'exemple développé ici est celui des grands jardins drainés où les Dugum Dani ont cultivé la patate douce. Leur territoire est situé à 1 650 mètres d'altitude dans les montagnes centrales de la Nouvelle-Guinée, autour de la vallée de la Baliem (Papouasie-Occidentale) qui mesure environ 60 km de long sur 20 km de large et se trouve entourée de hautes mon-

tagnes culminant à plus de 2 500 m. Elle est traversée par la rivière Baliem qui, en sortant des vallées escarpées, s'élargit et s'écoule lentement avant d'atteindre et de traverser les mangroves de la côte Asmat. C'est une zone marécageuse sillonnée de longues bandes de terre et de nombreux cours d'eau issus des montagnes avoisinantes. Le climat est très stable et ne présente que de faibles variations annuelles. Les pluies, estimées à 2 000 mm par an, sont plus abondantes en février et mars. Les températures oscillent entre 15 °C et 26 °C. Adossés aux montagnes et situés sur les premiers contreforts, les Dani font face à leurs jardins drainés implantés dans le fond de la vallée. Découverte en 1938 par l'expédition Archbold, la vallée Baliem comptait 50 000 personnes dans les années 1970. Elle s'inscrit dans une aire culturelle plus vaste comprenant en particulier les Dani occidentaux à l'ouest et les Pesegem au sud.

Conduite technique

Le site se présente comme une succession de planches surélevées, entrecoupées d'un lacs de drains sans qu'il soit possible de repérer un modelé spatial particulier. Les canaux sont larges (2 m à 5 m), profonds (plus d'un mètre) et remplis de boues fertiles provenant de l'érosion des plates-formes et de l'accumulation de débris végétaux. Ils dessinent un véritable labyrinthe, isolant des planches aux formes variées, rarement rectangulaires comme c'est habituellement le cas dans ce type de culture.

¹ Ce texte a été rédigé, pour l'essentiel, à partir des travaux de HEIDER (1970). Aujourd'hui, les jardins drainés ont subi d'importantes transformations comme le montre Y. Purwanto en chapitre 11 (*Wen hipere*, jardin de patates douces en Papouasie-Occidentale).

Anciennement appelée Irian Jaya, la dénomination Papouasie-Occidentale a été adoptée en 2001 par le gouvernement indonésien pour désigner cette province qui, par la suite, a été scindée en deux provinces : Papua et Irian Barat.

Des canaux secondaires croisent des canaux plus importants qui rejoignent à leur tour un cours d'eau ou une zone de drainage naturelle. Quelle que soit la forme ultime que revêt la surface aménagée, petite parcelle polymorphe soutenant des cultures mixtes ou grande parcelle rectangulaire pour la monoculture de la patate douce, la construction des planches surélevées et des drains est identique.

À l'ouverture d'un jardin, les Dani défrichent une parcelle en commençant par abattre les petits arbres et les buissons puis en déracinant les plantes. Lorsque cette végétation a séché, elle est empilée puis brûlée. Le sol est ensuite retourné. Tout ce travail est effectué par les hommes à l'aide de haches, autrefois en pierre, et d'un bâton à fourir. Vient ensuite l'ouverture des canaux. En réalité, lorsque les Dani ont été découverts, ils menaient déjà une

horticulture de drainage dans la vallée si bien qu'il n'était plus nécessaire de creuser les canaux, hormis dans certaines zones marécageuses périphériques non encore cultivées. Il faut néanmoins, chaque année, remettre les anciens canaux en activité après une longue jachère. En général, leur curage est fait par une équipe d'hommes qui versent les boues fertiles sur le dessus des planches initialement débroussaillées. Ces boues sont ensuite étalées avec soin sur toute la surface.

Les femmes prennent le relais et forment, à la surface des larges planches, des séries de petits monticules (40 cm de hauteur) au centre desquels elles plantent une ou deux boutures de tige de patate douce fraîchement coupée. Sur le pourtour de la parcelle, près des berges, les monticules sont creusés d'un petit trou dans lequel une bouture de taro est plantée afin qu'elle bénéficie tout au long de sa croissance des infiltrations d'eau venues des berges. La patate douce préfère les sols plus secs, c'est pourquoi elle est cultivée au centre de la planche. Puis des boues fertiles sont amassées sur tous les monticules. Les mois suivants, on désherbe et on coupe le sommet des grosses lianes pour qu'elles se ramifient. La récolte progressive des tubercules se fait durant plusieurs mois puis le jardin est abandonné aux porcs qui viennent déterrer les derniers tubercules pour s'en nourrir. La parcelle est alors mise en jachère durant quatre à cinq années, parfois plus.

En raison de la stabilité du climat équatorial, il n'y a pas de saison particulière pour planter ou récolter, les planches surélevées pouvant accueillir différentes plantes ou, au contraire, être dédiées à une seule culture (patate douce). Durant les mois de fortes pluies, les canaux drainent l'excédent d'eau. Mais durant les mois plus secs, ils irriguent aussi les plantations. La parcelle surélevée a donc pour but de mettre les racines hors d'eau tout en garantissant une humidité suffisante. Les canaux ont aussi une fonction importante de fertilisation en concentrant une boue riche en éléments



La vallée de la Baliem en Papouasie-Occidentale.

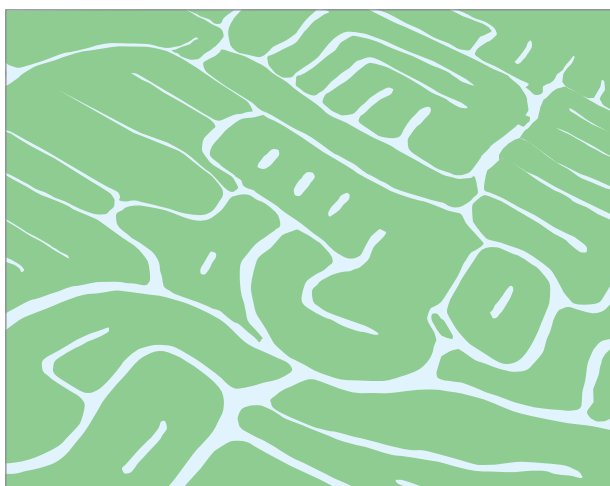
organiques. La hauteur des planches s'élève au cours des cycles de culture successifs par accumulation de ces boues.

D'autres communautés de Papouasie Nouvelle-Guinée cultivent les zones marécageuses, selon une technique similaire à celle employée par les Dani, mais en y apportant quelques variations. La culture drainée revêt ainsi différents aspects en fonction des lieux, des époques et de l'objectif de production.

Les Kapauku de Papouasie-Occidentale, qui cultivent aussi la patate douce, construisent des parcelles surélevées de forme rectangulaire entourées d'une grille régulière de drains. Les lits de culture formés en retournant soigneusement la terre et en l'amassant sont enrichis en engrais végétal (herbe, feuille, mousse) avant d'être cultivés. Après la récolte, les canaux sont curés et la boue ainsi prélevée est jetée sur le lit surélevé, préalablement enrichi d'une nouvelle couche d'engrais végétal. De cette façon, la parcelle peut être cultivée sans interruption durant de nombreuses années.

Sur l'île Frédéric-Henri au sud de la Nouvelle-Guinée, on cultive le taro qui réclame plus d'humidité que la patate douce. Les vastes zones marécageuses sont rarement exondées et les planches cultivées sont faiblement surélevées (une cinquantaine de centimètres tout au plus) et très larges (6 m sur 100 m en moyenne). Elles sont désherbées, puis les herbes sèches sont brûlées et réparties sur toute la surface de la parcelle. Chaque bouture de taro est alors plantée, buttée à l'aide de terre recueillie dans les canaux drainés et recouverte d'herbe flottante. Dès que les feuilles du taro ont atteint une haute taille, le petit monticule est de nouveau recouvert d'herbe et de terre. Chaque plant butté est ainsi régulièrement enrichi de boues ou d'herbes coupées, la technique associant la culture drainée sur planches surélevées et le buttage. En saison des pluies, les plates-formes sont inondées et seuls les petits monticules surnagent, telles des îles minuscules. En saison sèche et une fois la récolte terminée, les monticules sont brisés et la planche est laissée en jachère au moins un an.

Lorsque les boues ne sont pas assez fertiles, de l'engrais végétal est ajouté au sommet des planches, qu'il s'agisse d'herbes, de frondes de cocotier ou même de vieilles nattes de pandanus. Sur l'île d'Aneityum au Vanouatou, l'engrais composé de feuillages particuliers est déposé non pas au sommet mais à environ 50 cm de profondeur, puis la terre est amassée sur ces feuilles. L'avantage de cette technique



Vue aérienne schématique des jardins drainés plantés de patates douces en Papouasie-Occidentale (d'après HEIDER, 1970).

est d'assurer une bonne irrigation souterraine, de reconnaître la profondeur jusqu'à laquelle le fossé doit être creusé et de garantir une fertilisation adéquate. Après la récolte le sol est retourné, fertilisé et régulièrement reconstruit en planches surélevées. Cet aménagement demande une abondante main-d'œuvre mais les rendements sont bons, avoisinant annuellement 30 à 50 t/ha.

Histoire et société

À l'origine, la culture drainée a permis de cultiver le taro. Elle a été rendue célèbre par les découvertes archéologiques faites au site de Kuk dans les hautes montagnes de Papouasie Nouvelle-Guinée. Ce site a révélé que les ancêtres des Papous pratiquaient une forme d'agriculture, il y a plus de 9 000 ans, ce qui en recule considérablement l'origine dans cette région du monde. L'apparition du système de drainage est beaucoup plus tardive et date tout au plus de 2 500 ans avant l'époque actuelle. Il n'a pas été mené de façon continue au cours des millénaires. Pratiqué une première fois durant plus d'un millénaire, il a été interrompu durant quelques centaines d'années avant de reprendre plus tard. De nouveau abandonné il y a 1 200 ans, sans doute à la suite d'une éruption volcanique, il a été remis en vigueur il y a 250 ans. Par la suite, le système a été considérablement réduit et finalement abandonné. Durant de longues périodes, le drainage n'a donc pas été pratiqué, ce qui pose le double problème de son adoption et de son abandon.

J. GOLSON (1981), qui a étudié le site en détail, a établi que l'agriculture de marais a pu être au cours du temps la composante majeure du système vivrier ou une composante mineure, largement complétée par l'agriculture sur défriche brûlis. Selon lui, il semblerait que le drainage ait été pratiqué chaque fois que des contraintes d'ordre environnemental n'ont plus permis une production satisfaisante de l'agriculture sur défriche brûlis, qu'il s'agisse des retombées d'une éruption volcanique ou de l'épuisement de la terre consécutif à des jachères trop courtes n'autorisant plus une régénération forestière correcte. Dès qu'une innovation technique est survenue (travail du sol, introduction de la patate douce, adoption de la culture sur billons fertilisés), pour rétablir une bonne productivité de l'agriculture sur sol sec, la culture drainée a été progressivement ou partiellement abandonnée. D'autres auteurs, comme N. MODJESKA (1977), adoptent une thèse opposée, assurant que la rentabilité des jardins drainés de taro est telle, qu'ils n'ont été abandonnés qu'au moment où ils sont devenus impraticables (catastrophe naturelle, mauvaise maintenance, érosion trop forte).

Lorsque, peu avant le contact européen, la patate douce a été introduite en Papouasie Nouvelle-Guinée, la culture drainée des marais a été adaptée pour répondre aux besoins de cette nouvelle espèce qui préfère les sols plus secs.

Quant aux Dugum Dani, on ne sait pas exactement quand ils ont investi la vallée de la Baliem et quand ils ont commencé à aménager leurs magnifiques jardins drainés. Ont-ils été, auparavant, des cultivateurs de taro ? Au milieu du ^{xx}e siècle, la société est organisée selon des groupes territoriaux et des lignées patrilineaires. Il n'y a pas de chefs héréditaires ou élus mais des leaders qui émergent progressivement au sein de leurs communautés et que l'on appelle les *big men*. Les Dugum Dani s'inscrivent dans des réseaux d'échanges importants, le long desquels circulent les haches de pierre, le sel et les produits forestiers. Les échanges sont fréquents avec leurs voisins immédiats, consistant en produits d'artisanat, porcs et productions vivrières. Mais les Dani de la vallée restent en dehors de la modernité et montrent



© R. Gardner, K. Heider

Une équipe d'hommes retire des boues sédimentées au fond des canaux d'irrigation et les étale au sommet des planches de culture (Papouasie-Occidentale).

peu d'attrait pour les produits nouveaux, qu'il s'agisse du maïs, de l'évangile ou des soins de santé, pourtant largement acceptés par leurs voisins de l'Ouest. Ils restent des horticulteurs dont la subsistance est assurée par les grands jardins drainés et conservent leur système politique, social et religieux. Les jardins sont complétés par l'élevage du porc et par d'autres formes d'agriculture, jardins de défriche brûlis sur les versants où l'on plante surtout le taro et jardins de village où l'on cultive le bananier, la canne à sucre et le tabac. De larges portions de terre marécageuse appartiennent à quelques hommes qui la transmettent à leurs fils mais en distribuent l'usage aux membres de leur communauté. Néanmoins, les jardins appartiennent à ceux qui les cultivent, durant tout le temps où ils le font. La terre est suffisante et les disputes sont rares. L'horticulture est entièrement tournée vers la subsistance d'une communauté traditionnelle même si, au niveau individuel, des surplus sont produits pour assurer les échanges entre lignées et les fêtes.



Un gros tronc sert de passerelle pour traverser le canal d'irrigation séparant deux planches de culture (Papouasie-Occidentale).

les modes d'utilisation de la terre, sont également invoquées. Enfin, des causes purement techniques existent aussi, parmi lesquelles on trouve les viroses végétales, les ravageurs de culture (*Papuana* spp.), le manque de boutures, la baisse de la fertilité des sols, des techniques mal maîtrisées par une population partiellement acculturée, le remplacement des cultures anciennes par des espèces nouvelles plus faciles à cultiver, l'adoption de nouvelles plantes alimentaires plus valorisées, les désastres naturels qui poussent les cultivateurs lassés vers d'autres formes de culture. Les causes de ce déclin sont complexes, générales à la Papouasie Nouvelle-Guinée et souvent spécifiques du cas observé. Actuellement, la vallée de la Baliem et ses habitants, qui s'intéressaient médiocrement au monde moderne, sont devenus une destination touristique.

Aujourd'hui, la vie traditionnelle des Dugum Dani s'est profondément transformée et la culture des jardins drainés a considérablement décliné, sous l'effet de causes variées. La dépopulation initiale puis l'émigration ont diminué les forces de travail nécessaires à l'aménagement et à l'entretien des parcelles. L'augmentation plus récente de la population et la conversion des parcelles à l'agriculture commerciale (cacaoyer, caféier) ont accaparé les terres. Les perturbations sociales, au premier rang desquelles on place la disparition d'une autorité traditionnelle capable d'organiser les travaux d'aménagement et de faire respecter

leurs costumes mais ont perdu les savoirs et les structures sociales indispensables au maintien des grands jardins drainés.

Références

BARRAU, 1958 ; BONNEMAISON, 1991 ; BRASS, 1941 ; BUCK, 1944 ; CURRY, 1962 ; DI PIAZZA, 1990 ; FALANRUW, 1993 ; FARRELL et WARD, 1962 ; GOLSON, 1977 ; GOLSON, 1981, 1989 ; GORECKI, 1979 ; HANDY et Handy, 1972 ; HEIDER, 1970 ; MODJESKA, 1977 ; POSPISIL, 1963 ; PURWANTO, 1997 ; SERPENTI, 1965 ; SPRIGGS, 1981.

Nomenclature

Le terme *hortillon* date du ^{xv}^e siècle et dérive de l'ancien picard *ortel* (jardin) lui-même issu du bas latin *hortellus* (petit jardin). Plus tard, au ^{xix}^e siècle, on trouve le terme d'*hortillonnage* (dérivant à son tour d'*hortillon*) et désignant tout à la fois, toujours en Picardie, des marais entrecoupés de canaux, où l'on pratique la culture maraîchère, et le mode de culture lui-même pratiqué dans ces marais. Celui qui cultive un hortillonnage s'appelle l'hortillonneur ou plus rarement, l'hortillon ou encore l'hortillonneur. Les canaux se nomment les *rieux* et les îlots d'alluvion supportant les cultures des *aires*.

L'hortillonnage picard est de facture identique aux *chinampas* et aux hortillonnages thaïlandais traités plus loin. Ce sont des planches de culture de 0,80 m à 1,50 m de hauteur organisées en longues plateformes de 50 mètres à plus de 100 mètres de long et séparées entre elles par des canaux étroits toujours en eau. Comme au Mexique et en Thaïlande, le transport des producteurs et des outils, ainsi que l'acheminement des produits maraîchers vers les marchés urbains se font au moyen de barques à fond plat souvent relevées à la proue ou à la poupe (les barques à cornet d'Amiens).

Localisation géographique

Les hortillonnages picards se localisent exclusivement à Amiens et dans les communes avoisinantes (Camon, Longueau et Rivery). Ce sont donc des zones marécageuses où on cultive des légumes, à la confluence de la Somme et de l'Avre. Aujourd'hui, les 300 hectares d'hortillonnages sont insérés dans le tissu urbain, à proximité de la cathédrale et de bien des résidences. C'est une région de canaux, d'étangs et d'îlots d'alluvion. Amiens, toutefois, n'a pas le monopole en France de cette technique agricole. On trouve aussi des hortillonnages à Bourges, nichés sous la cathédrale en plein centre-ville, en milieu rural comme dans le marais audomarois à proximité de Saint-Omer, dans le Marais poitevin et dans les marais bretons à l'estuaire des fleuves côtiers. Ces équipements dans l'ouest de la France ont toutefois rarement servi pour la production horticole. Nous n'avons pas pu identifier en Europe d'autres zones d'hortillonnages.

Le climat d'Amiens, caractéristique du nord de la France, présente des étés frais et des hivers rigoureux, même si l'influence atlantique le tempère tout en accroissant la pluviosité. Les cultures sont donc faites au printemps puis en été, en irriguant. Les crues surviennent principalement en période humide, souvent au printemps. Avant leur régulation par les grands ouvrages, les petites rivières comme la Somme pouvaient présenter des crues particulièrement destructrices bien qu'elles bénéficiassent habituellement d'un régime régulier. À l'époque, ce

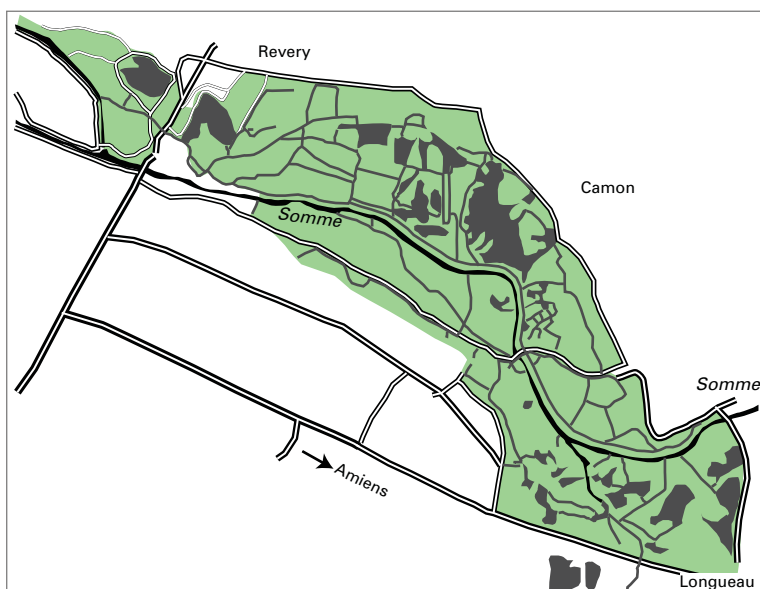
risque élevé pousse les hortillonneurs à diversifier leurs activités, vers des emplois en ville, la culture d'autres terres exondées, l'exploitation de la tourbe, la pêche, voire la chasse aux cygnes telle qu'elle était pratiquée pour le compte des abbayes au Moyen Âge.

Conduite technique

Les hortillonnages en France sont connectés à des rivières moyennes au débit d'étiage suffisant, dont la crue hivernale nettoie la terre de ses ravageurs (avant l'usage des produits de synthèse). Cette jachère en eau renouvelle aussi la fertilité des sols par le dépôt des limons et évite les années de « repos » autrefois nécessaires aux terres cultivées. Au fil du temps, les zones marécageuses ont été totalement aménagées par les hommes qui ont creusé les canaux de drainage, régulièrement fertilisé les planches de culture par les boues extraites et constamment consolidé les berges en utilisant des rondins de bois ou des planches (aujourd'hui des tôles). Il arrive parfois que des inondations catastrophiques aient lieu, comme ce fut le cas à Amiens en 2001. Dans ce cas, les plantations sont abîmées, les berges sont fragilisées et les producteurs accèdent difficilement à leurs parcelles, car le courant est trop fort. Si l'eau est l'outil de travail des hortillonneurs, l'excès d'eau en est la crainte permanente. Certaines des rivières ont été régulées par des digues, barrages et vanes, mais ce n'est pas le cas de la Somme ni de l'Yèvre à Bourges ou de l'Aa à Saint-Omer.



Les jardins picards dans les communes avoisinentes d'Amiens (d'après LARCHER, 2005).



La largeur des planches de cultures est de 4 à 5 mètres. À Saint-Omer, elle en fait le double car les producteurs ont comblé certains fossés pour donner davantage de surface à la culture du chou-fleur et des choux de plein champ. Mais ce type de stratégie doit être limité car, en bouchant trop de canaux, on s'aperçoit que le drainage devient difficile. La surface des canaux et fossés occupe entre le quart et le tiers de la surface totale. L'irrigation est pratiquée à l'aide d'un tuyau d'arrosage qui plonge dans le canal dans lequel est pompée l'eau. À Saint-Omer, ce sont des canons à eau qui sont utilisés.

À Amiens, les quelques hortillonneurs qui continuent à cultiver pour vendre leur production se sont mécanisés et doivent donc transporter par barque leur petit tracteur sur chaque planche. À l'exception du producteur qui s'est spécialisé dans la production biologique, les hortillonneurs traitent leurs planches de culture de la même manière que sur la terre ferme avec une grande variété de productions pour alimenter les différents marchés de la région. Soutenus par l'association de sauvegarde des hortillonnages et les efforts de la municipalité, les hortillonneurs bénéficient d'aides pour acheter les planches libérées par leurs anciens propriétaires et peuvent ainsi agrandir progressivement leurs terres. Le maintien des berges qui, autrefois, était un labeur permanent et manuel devient un problème grave de nos jours car la mécanisation de cette tâche est difficile. Divers types de protection de berges ont été testés avec succès avec la préoccupation de ne pas porter atteinte au patrimoine paysager. Certaines

plantes sont conseillées ainsi que des palplanches végétales.

Histoire et société

La légende locale voudrait que Jules César ait mentionné les hortillonnages lors de sa conquête des Gaules. Plus sérieusement, les historiens voient débiter les hortillonnages au Moyen Âge, que ce soit de manière individuelle comme à Amiens ou par l'entremise des abbayes qui bâtissent des digues comme sur l'Aa. Les fameuses associations flamandes d'usagers, les *wateringues*, sont également mises en place à cette époque pour gérer collectivement l'eau et diminuer les conflits. En effet, l'eau est souvent en excès ou insuffisante si bien qu'elle occasionne de nombreux conflits entre les parties amont et aval ou entre les secteurs productifs. À Bourges par exemple, l'appropriation individuelle des usages aux dépens des congrégations ou des nobles conduit à des crises à répétition entre les meuniers, dont les besoins en eau sont constants dans l'année, et les hortillonneurs. À Bourges toujours, les centaines d'hectares d'hortillonnage se situent en plein centre-ville et occupent un espace revendiqué pour la création d'infrastructures publiques, de lotissements ou encore de zones commerciales. Les débats publics sont vifs, d'autant plus que les hortillonnages sont devenus de petits jardins privatifs sans réelle production agricole.

Les hortillonnages urbains d'Amiens ne sont pas non plus exempts de problèmes. Le débat urbain est moins vif car des associations dynamiques gèrent et protègent ce milieu singulier.



© Marge/Sunset

Hortillonnage à Amiens (France).

La fréquentation touristique est croissante depuis plusieurs années grâce aux visites, aux expositions organisées et à son marché sur l'eau avec barques à cornets. Par ailleurs, six ou sept agriculteurs produisent actuellement un maraîchage de qualité à destination des marchés et des grandes surfaces locales, en développant un label d'origine (les « Tchiots légumes »). Dans ces deux cas, comme pour les *chinampas* de Mexico, l'hortillonnage est incorporé dans le tissu urbain et est devenu un patrimoine soumis à des facteurs inédits qui peuvent conduire à leur perte ou à leur patrimonialisation. Menacés à Bourges où ils sont privatifs, ils semblent mieux protégés à Amiens où les associations de producteurs

allient technique ancienne et label de qualité pour de nouveaux marchés. Florissants au XIX^e siècle, les hortillonnages ont failli disparaître mais ils pourraient être sauvés par leur label et par le tourisme. Ils sont en voie d'être classés Site d'Intérêt Mondial par l'Unesco.

Références

BILLAUD, 1984 ; DEVAUX, 1984 ; DUBOIS, 1913 ; LARCHER, 2005 ; LIMOUZIN, 1994 ; MUSSET, sd ; NEGRE, 1983 ; RATTEL, 1980.

<http://www.ac-amiens.fr/lycee80/lahotoie/hortus/bilaninter.html>.

<http://www.patrimoine-de-france.org/mots/mots-acade-47-23341.html>



© É. Mollard

Hortillonnage à Bourges (France).

Les hortillonnages thaïlandais

Nomenclature

Nous avons défini les hortillonnages comme des planches longues et étroites de culture surélevées par rapport à un réseau de canaux toujours en eau. La plupart du temps, ils sont utilisés pour des productions arboricoles ou maraîchères à plus haute valeur ajoutée que la culture des céréales. En Thaïlande, nous distinguons trois types d'hortillonnages : la planche basse pour l'horticulture avec endiguement individuel, la planche haute pour un verger avec endiguement individuel et la cocoteraie ouverte au battement des marées sur le littoral.

Localisation géographique

En Asie, les hortillonnages se développent de manière spectaculaire sur les littoraux des pays ouverts au marché international, comme en Indonésie. En Thaïlande, la zone concerne le delta du Chao Phraya, plus particulièrement l'ouest du bas delta qui dispose des meilleures conditions d'approvisionnement en eau douce toute l'année. Comme on le voit, les deux conditions d'un marché dynamique pour les productions maraîchères et d'accès permanent à l'eau sont nécessaires.

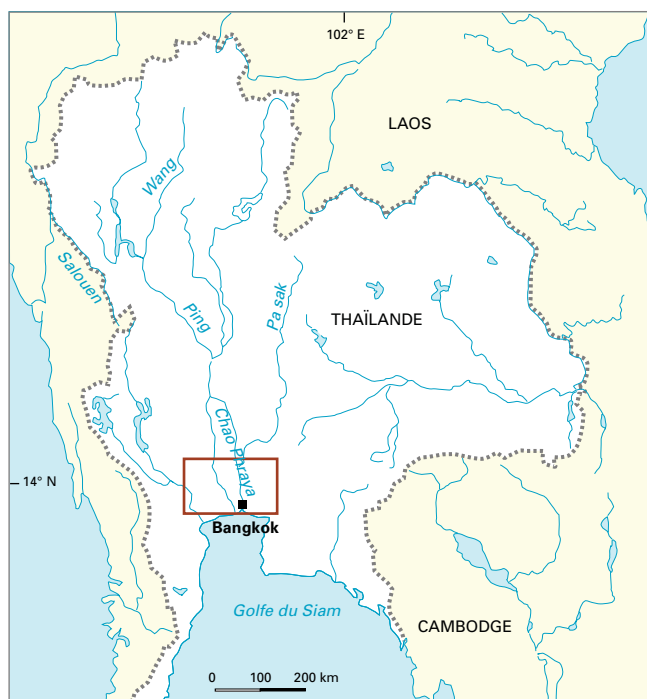
Le delta du Chao Phraya est en fait alimenté par plusieurs fleuves, dont le Chao Phraya au centre. À l'est, le Bang Pakong est alimenté par les collines relativement sèches de la fron-

tière avec le Cambodge, ce qui conduit les eaux salées du golfe de Thaïlande à remonter assez haut dans le fleuve en saison sèche, empêchant de nombreuses cultures. Au contraire, à l'ouest, le Mae Klong est alimenté par la chaîne montagneuse bien arrosée qui fait frontière avec Myanmar. Les eaux salées sont complètement refoulées vers la mer et les eaux douces permanentes, qui restent sous l'influence des marées, sont le lieu d'origine des hortillonnages en Thaïlande.

Conduite technique

De nos jours, l'hortillonnage est créé sur une rizière avec des moyens mécaniques. Des entreprises privées se chargent d'ériger une digue de 1,50 à 2 mètres de hauteur autour de

la parcelle qui couvre couramment 0,5 ha et peut aller jusqu'à 10 ha dans le cas de compagnies qui produisent des orchidées. Un système de pompe permet d'extraire l'eau de la parcelle. Les planches elles-mêmes sont érigées ensuite : les basses destinées au maraîchage sont créées manuellement pour que le sol reste meuble alors que les hautes pour les vergers sont élevées avec des moyens mécaniques. Cette artificialisation du terrain permet de s'affranchir des crues et de bénéficier d'eau d'irrigation en toutes circonstances. Il en ressort une variété extrême de productions depuis des haricots ou des melons relativement courants jusqu'aux vergers de manguiers, de litchis ou même à la vigne



En Thaïlande, la pratique de l'hortillonnage se concentre surtout dans le delta du Chao Phraya.

dont le raisin de table est exporté. Le système technique est complété par de petits bateaux-pompes poussés dans les fossés en eau de la parcelle pour irriguer, pour traiter les cultures ou pour emporter la production vers la ferme qui se dresse sur une plate-forme insérée dans la digue.

Au sein de la parcelle hortillonnée, on retrouve la grande diversité des pratiques maraîchères. Par exemple, les haricots, la vigne ou encore les courges sont palissés sur des bambous qui enjambent les fossés. On trouve fréquemment un petit sentier avec rebord autour de la planche pour éviter l'érosion des talus et faciliter les opérations sur les plantes. L'irrigation peut se faire aussi par des systèmes d'asperseurs en PVC ou, pour la vigne, par des asperseurs fixes que l'on ne démonte qu'au terme de plusieurs années. Enfin, des filets de protection limitent les intrusions d'insectes pour les orchidées ou donnent l'ombrage nécessaire aux plants de coriandre.

Pour les vergers, l'exploitation est plus simple une fois que les bananiers, pomme douce, papayer, etc. ont atteint leur taille adulte car l'irrigation n'est plus nécessaire. Les racines plongent suffisamment profondément dans la planche pour s'alimenter en eau et les canaux se couvrent de nénuphars car les bateaux-pompes ne sont plus nécessaires. En revanche, l'utilisation intense de produits de synthèse empêche d'élever des poissons dans les canaux. Au terme de plusieurs années de culture une inondation de la parcelle est réalisée sur plusieurs semaines pour éliminer les ravageurs. En ce qui concerne les cocoteraies littorales, les planches sont de factures identiques, mais la digue reste ouverte. En effet, le battement des marées renouvelle l'eau douce dans la parcelle. Elle est toutefois fermée en cas d'inondations ou bien d'intrusion d'eau saumâtre ou d'eau de mer. Le chevelu racinaire des cocotiers est tel que toute la planche doit être détruite et reconstruite lorsque les arbres, ayant été abattus, on veut procéder à une nouvelle plantation.

Histoire et société

En Thaïlande aux alentours de Bangkok, les hortillonnages sont signalés par les voyageurs dès le XVIII^e siècle. À la fin du XIX^e siècle, c'est le tour des marais approvisionnés en eau douce par le Mae Klong (la rivière Kwaï du roman de Pierre Boulle paru en 1952) et le canal côtier nouvellement creusé pour des raisons de commerce régional. La crue y est peu profonde, inférieure à un mètre, et régulière.



Hortillonnage prêt à la culture de coriandre, entre une culture d'asperges et une rizière (Thaïlande).

© É. Mollard

Les producteurs entourent leur parcelle d'une digue pour se protéger des incursions d'eau de mer et des crues et pour allonger la période de culture. La submersion de chaque parcelle est mise à profit épisodiquement.

Dans les années 1960, la Thaïlande régularise les fleuves par des barrages, ce qui donne aux riziculteurs la possibilité d'établir de nouveaux hortillonnages dans des zones plus éloignées. De nos jours, ils ne cessent de s'étendre pour répondre à la demande mondiale de fleurs, de légumes et de fruits. Les marchés flottants, devenus obsolètes, sont aujourd'hui le témoin touristique d'une agriculture paysanne de delta.

La proximité d'un marché national ou l'existence d'une demande internationale conditionne l'activité horticole. Dans certains cas, l'État a été en mesure d'entreprendre et de gérer des équipements lourds d'aménagement de marais. En Thaïlande, les paysans étendent



Préparation des oignons sur hortillonnage (Banglen, Thaïlande).

© É. Mollard



Raisin de table sur hortillonnage (Damnoen Saduak, Thaïlande).

© É. Mollard

les hortillonnages en dehors de toute intervention publique si ce n'est les canaux de communication creusés entre les rivières du delta à la fin du siècle dernier et les barrages pour l'irrigation dans les années 1960, qui ont involontairement facilité le travail des paysans. L'exemple thaïlandais est également révélateur des conditions d'exercice des agricultures extensives et intensives. Par ses exigences en main-d'œuvre, l'horticulture familiale autorise l'exploitation d'un hectare, deux tout au plus. Elle est souvent considérée comme le résultat de la pression démographique qui se combine avec une demande maraîchère. En fait, la condition d'une forte démographie n'est pas nécessaire comme le montre la coexistence d'une riziculture extensive avec une horticulture plutôt intensive à la fin du siècle dernier dans le delta du Chao Phraya. Ce n'est pas non plus un facteur culturel comme pourrait le suggérer la partition entre une riziculture de crue par les Thaïs et le maraîchage par les Chinois. En effet, la différenciation ethnique des activités peut résulter d'une différence d'alimentation, de connaissances pratiques, de l'inclinaison au commerce (piment, oignon et concombres), de regroupement ethnique, de restriction dans l'accès à la terre, d'évitement des corvées auxquelles étaient soumis les Thaïs, d'une « monétarisation » et d'une articulation au marché différente. La controverse n'est pas close, mais les avantages économiques des deux systèmes étaient à l'époque équivalents.

Un hortillonnage n'est jamais totalement à l'abri d'une sécheresse ou d'une crue. En Thaïlande, les grandes crues consécutives de 1995 et 1996 ont détruit de nombreux vergers, en particulier les manguiers, protégés dans les hortillonnages. L'exhaussement des digues individuelles par des sacs de terre s'est accéléré après une intervention royale auprès du gouvernement. Sur le plan économique, la forte valeur ajoutée des productions horticoles conduit au remboursement rapide d'un équipement dont l'espérance de vie est quasiment infinie si le curage des fossés et le façonnage des talus sont régulièrement pratiqués. L'engouement pour l'horticulture et les hortillonnages repose aussi sur la décongestion des trésoreries paysannes. En effet, l'économie thaïlandaise a connu depuis 1980 une très forte croissance. Dans l'industrie, le commerce



© É. Mollard

Barque équipée pour l'arrosage (Damnoen Saduak).

ou l'immobilier, les hommes d'affaires en quête de liquidités spéculent sur les terrains pour cautionner leurs emprunts auprès des banques. L'envolée du prix de la terre agricole a alors autorisé les nombreux petits propriétaires à emprunter pour s'équiper et améliorer les aménagements de leurs hortillonnages.

Références

CHOISY, 1976 ; DORAS, 1996 ; MOLLARD, 1999 ; TAKAYA, 1987.

Aménager les marais et les étangs

Aménagement traditionnel des mangroves en basse Casamance (Sénégal).



© IRD/M.-C. Cormier-Salem

Les quatre modèles d'agriculture présentés dans ce chapitre sont autant de façons d'aménager un vaste territoire marécageux ou semé d'étangs. Le premier (système *parang surut* à Kalimantan) se rapproche des hortillonnages. Mais il illustre surtout la façon de mettre en valeur un marais en le transformant progressivement au fil du temps en rizières puis en plantations pérennes de cocotiers ou de fruitiers. La succession des aménagements et des cultures permet de rentabiliser de façon optimal le travail consenti au départ.

Le deuxième modèle illustre la façon dont les mangroves peuvent être récupérées pour l'agriculture. L'exemple choisi, la *riziculture de mangrove en Casamance*, montre comment un système d'agriculture drainée s'intègre à la riziculture irriguée, le long d'un gradient qui s'étend des piémonts jusqu'à la mer. Mais il peut exister seul, comme à Yap (Micronésie) où la culture du taro de marais dans les zones de mangrove est pratiquée indépendamment

des autres types d'agriculture. Dans un premier temps, la construction d'une digue en travers de la baie isole une portion de terre bientôt recouverte d'une nappe d'eau douce flottant sur l'eau salée. La végétation de marais disparaît au profit d'un manteau herbueux riche en débris organiques, de plus en plus épais. Lorsque l'herbe est dense et le substrat boueux important, on creuse un canal de drainage à une extrémité de la parcelle et on défriche la végétation en l'empilant sur place. De petites parcelles sont alors aménagées sur cet engrais naturel pour y cultiver le taro de marais (*Cytosperma chamissonis*) et le taro.

Les deux derniers, les *digues à mûriers en Chine* et les *étangs de la Dombes* en France, montrent comment pisciculture et agriculture peuvent s'intégrer en utilisant simultanément, ou successivement, les étangs fertilisés par les résidus agricoles et les plates-formes enrichies des résidus d'étangs. Dans l'un et l'autre cas, ces systèmes ont été aménagés pour répondre



© Marchenay/Bérard, CNRS

à une demande commerciale : celle de la soie en Chine pour répondre au marché international et celle du poisson dans l'est de la France pour approvisionner les marchés lyonnais.

D'autres exemples pourraient être donnés, comme les *wei thien* des anciens Chinois. Il s'agissait en réalité de sites poldérisés entourés d'une digue haute et divisés en petits plots de culture, sur lesquels on implantait aussi des arbres et des maisons. Tous ces systèmes, hautement productifs, reposent néanmoins sur un équilibre fragile et sur une gestion continuelle du milieu. Ils nécessitent, au moins à certains moments de l'année, une grande main-d'œuvre pour aménager l'espace

**Coucher de soleil hivernal
sur la Dombes (étang Petit Guerrier,
Saint-André-le-Bouchoux, France, 2003).**

et entretenir les infrastructures établies. Aujourd'hui, le système agro-piscicole de la rivière des Perles est tendu et les Dombes sont en pleine transformation. Ces systèmes performants qui suscitent l'admiration et inspirent encore les projets de développement agricole en milieux humides sont appelés à s'adapter aux contingences modernes, s'ils veulent survivre.

Pasang surut en Indonésie

Nomenclature

Appelé *sawah pasang surut* en indonésien, ou encore système Banjar ou Bugis, ce système de culture permet la mise en valeur agricole de marécages côtiers grâce à une utilisation judicieuse du jeu de battement de la marée et à un remplacement progressif de la rizière par une plantation de cocotiers ou de fruitiers. *Pasang surut* signifie « flot et jusant » et rappelle l'importance déterminante de la marée dans la viabilité de ce système de culture. Banjar ou Bugis font référence aux groupes ethniques à l'origine du système ou de son développement.

La mise en valeur des vastes marécages côtiers du sud de Bornéo (Kalimantan) pose d'innombrables problèmes au développeur. Dans ce milieu amphibie presque rigoureusement plat, un drainage léger après défriche permet plus ou moins d'évacuer les eaux stagnantes grâce au jeu de battement de la marée. Les rizières ainsi créées donnent des rendements de l'ordre de 2 à 3 tonnes de paddy par hectare pendant les trois premières années. Au-delà, les rendements décroissent rapidement, et ce pour de multiples raisons. Tout d'abord, le drainage trop léger ne permet ni d'évacuer l'excès d'acidité ni d'empêcher la salinisation des rizières. Ce problème pourrait éventuellement être corrigé par des aménagements plus importants. Toutefois, l'effet bénéfique de l'apport de cendres par le brûlis s'estompe rapidement, les infestations de ravageurs se multiplient, et l'absence de travail du sol pour éviter l'oxydation de la pyrite provoque le foisonnement rapide des adventices. L'abandon quasi obligatoire des rizières au bout de quelques années de culture ne permet pas ainsi de rentabiliser des aménagements plus coûteux.

Les paysans du sud de Bornéo ont trouvé une solution élégante pour rentabiliser le travail investi dans la mise en valeur des marécages : la transformation progressive des rizières en plantations pérennes de cocotiers ou de fruitiers.

Localisation géographique

Rizières et plantations en *pasang surut* occupent de vastes espaces dans les zones marécageuses côtières du sud de Kalimantan (des fleuves Barito à Mentaya) et de l'est de Sumatra dans les provinces de Riau, Jambi et Sumatra-Sud (des fleuves Inderagiri, Batang Hari à Musi). La technique s'est maintenue dans toutes les zones où elle a été introduite et s'est même étendue considérablement jusqu'à dans les années 1980.

Le climat des régions concernées est de type équatorial insulaire avec des précipitations élevées toute l'année (pluviométrie annuelle comprise entre 2 000 et 2 800 mm) avec cependant une saison moins pluvieuse en juillet-août.

Les milieux les plus favorables à la mise en œuvre de la technique sont les plaines littorales basses soumises au battement de la marée et couvertes d'une forêt marécageuse sur tourbe d'une hauteur de 10 à 12 m avant défriche. Les sols sont développés à partir de sédiments d'origine détritique déposés en zone

côtière. Ces dépôts argileux riches en pyrite sont habituellement recouverts de 30 à 100 cm de tourbe.

Conduite technique

Dans les conditions naturelles, l'inondation permanente crée des conditions réductrices et les pH restent proches de la neutralité. Par contre, l'aération du sol provoque une oxydation de la pyrite qui produit de l'acide sulfurique et fait passer brutalement le sol de la neutralité à la forte acidité. Le pH peut tomber à 3, voire 2. L'acidification génère des toxicités ferriques et aluminiques ainsi que des déficiences en phosphore préjudiciables à pratiquement toutes les cultures.

Pour éviter l'acidification des sols potentiellement sulfatés acides, il convient de limiter le drainage au strict minimum et surtout d'éviter toute aération brutale des couches riches en pyrite. Pour ce faire, les paysans sont très attentifs à limiter le travail du sol à la couche superficielle et à contrôler rigoureusement le jeu de battement de la marée pour maintenir l'inondation permanente des couches profon-

des. À l'inverse, l'aération massive du sol peut également donner de bons résultats en conditions de forte pluviosité. La création de planches surélevées, alternant avec des fossés de drainage, assure le lessivage de l'acidité produite par l'oxydation de la pyrite. Cette méthode permet la mise en culture des planches mais rend plus problématique celle des fossés, surtout pendant les trois premières années. Le trait de génie des paysans Banjar et Bugis va consister à utiliser le jeu de battement de la marée pour à la fois drainer et irriguer les terrains à mettre en valeur. La création progressive de planches exondée – destinées aux cultures pérennes – s'accompagne du creusement de larges fossés de drainage – destinés à la riziculture.

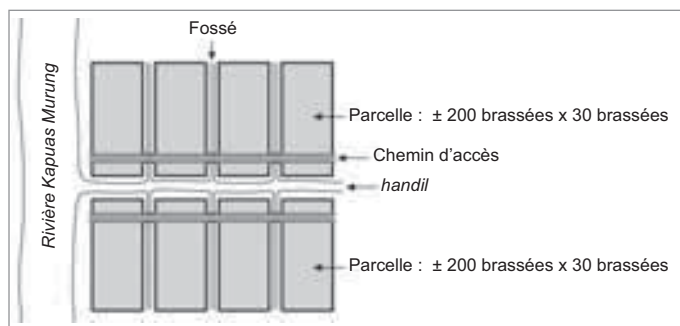
Les sites privilégiés sont situés à proximité d'une rivière, en arrière du bourrelet de berge. Perpendiculairement à la rivière, les paysans creusent un canal de drainage primaire appelé *handil* qui peut s'enfoncer sur plusieurs kilomètres à l'intérieur du marécage, tant que l'effet de la marée reste perceptible. Perpendiculairement au canal primaire et à espacements

réguliers, chaque paysan membre du *handil* creuse ensuite un canal de drainage secondaire – *parit* – autour duquel il développera sa parcelle. Au sein de la parcelle, la terre des fossés de drainage tertiaires est entassée sur les planches afin que ces dernières restent exondées à marée haute. Le percement du bourrelet de berge raccorde les *handil* au cours d'eau, alors que des portes sommaires permettent de bloquer l'entrée ou la sortie de l'eau des drains secondaires. Le secret de l'opération consiste à maintenir la profondeur des fossés de drainage dans la limite du jeu de battement de la marée. À marée haute, le phénomène de mascaret provoque le reflux des eaux douces vers les parcelles aménagées et assure l'irrigation des cultures. Lorsque l'eau atteint son niveau le plus haut, la porte est fermée. À marée basse, on assure ainsi un dénivelé important entre les niveaux d'eau dans les parcelles et dans la rivière. L'ouverture de la porte permet alors d'évacuer les eaux les plus acides des parcelles par un effet de chasse d'eau. En cas de sécheresse prolongée, le paysan peut également maintenir la porte fermée à marée basse, afin de maintenir un niveau d'eau suffisant dans les parcelles et d'éviter ainsi l'oxygénation des couches profondes riches en pyrite.

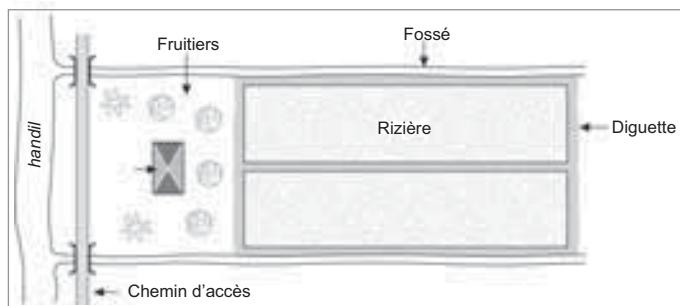


En Indonésie, le *pasang surut* a permis l'aménagement des marécages côtiers du sud de Kalimantan et de l'est de Sumatra.

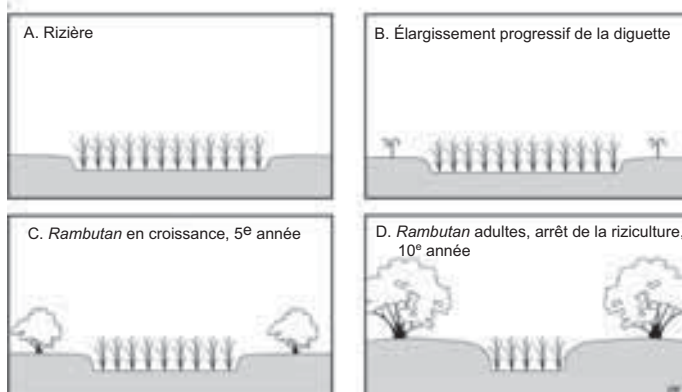




Organisation du handil
(1 brassée \approx 1,7 m).



Lot type, le long du handil.



Évolution de la plantation de rambutan.

L'importante quantité de travail nécessaire à la création d'une cocoteraie ou d'un verger est répartie sur de nombreuses années. En général, les deux premières années suivant la défriche d'une parcelle sont consacrées à la riziculture. À partir de la troisième année, les Banjars construisent progressivement des planches espacées de 4,5 m environ, entre les fossés de drainage tertiaires. Ces planches sont complantées de cocotiers (ou de fruitiers comme le ramboutan), de bananiers, de caféiers, d'agrumes et de divers légumes. Les intervalles restent réservés au riz. Ensuite, année après année, les planches sont élargies au détriment des intervalles. Les productions de bananes et de légumes sont progressivement relayées par celle de café, d'agrumes et de noix de coco (ou de ramboutan). À partir

de la neuvième année, la cocoteraie (ou le verger) est en place, entre les planches ne subsistent plus que d'étroits fossés de drainage. Pour compenser la disparition du riz, une nouvelle parcelle peut être défrichée un peu plus loin. Le front de colonisation progresse.

En transformant progressivement les rizières en cocoteraies ou en vergers, les paysans ont su tirer parti des contraintes du milieu naturel tout en valorisant au mieux et à chaque étape le travail investi dans la mise en valeur. Les coûts en travail sont répartis sur une dizaine d'années. Le riz et accessoirement la vente de bois valorisent le travail de défriche et de creusement des canaux ; bananes et légumes, puis café et agrumes permettent d'attendre l'entrée en production des cocotiers ou des ramboutans. La réalisation de planches exondées avec

Plantation en *pasang surut* à Kalimantan

© P. Levang



Handil, au départ simple fossé de drainage creusé à la bêche. Progressivement élargi et approfondi par le battement de la marée et les curages, le ***handil*** devient canal d'irrigation et de drainage, et le principal axe de communication.



Jeune plantation d'agrumes et rizière intercalaire. Année après année, les diguettes sont élargies au détriment de la rizière.



Plantation mature de ramboutan (*Nephelium lappaceum*). Au bout d'une dizaine d'années, la rizière a cédé la place à un simple fossé de drainage.



Cocoteraie mature. De la rizière intercalaire ne subsiste plus qu'un fossé de drainage.

un contrôle rigoureux des fonctions d'irrigation et de drainage (le transport des noix de coco peut également être assuré par flottaison dans les canaux) par le battement de la marée permet de s'affranchir des problèmes d'acidification et de salinisation des sols. Le remplacement de la culture vivrière par des cultures pérennes moins exigeantes permet d'éviter les problèmes liés à la baisse de la fertilité chimique des sols, de contrôler les adventices par le biais de l'ombrage et d'éviter les infestations de nuisibles (rats, insectes, etc.). À l'inverse, la disparition progressive de la culture vivrière au profit d'une culture de rapport peut également présenter des inconvénients. Pour assurer l'autosuffisance en riz de la famille, les paysans sont contraints de créer de nouvelles plantations tous les dix ans, ou de maintenir certaines parcelles en riziculture. Pour une famille paysanne, la dépendance économique stricte d'une production de rapport présente un risque élevé en cas d'attaque parasitaire grave ou en cas de chute des cours. Ainsi, la faiblesse persistante du prix des noix de coco suite au développement rapide de la culture de palmier à huile en Indonésie a considérablement ralenti l'extension de ce système de culture sur les côtes de Sumatra au cours de la dernière décennie.

Histoire et société

Les premières mentions d'une mise en valeur des marécages côtiers à proximité de l'estuaire du Barito dans le sud de Bornéo datent de 1824. Plusieurs rapports mentionnent le développement rapide de rizières, probablement par des Dayak Ngaju et des colons Banjar, suite à l'éradication de la piraterie au sud de Bornéo par le colonisateur hollandais en 1817. La *pax neerlandica* imposée par le colonisateur allait favoriser la mise en valeur des marécages côtiers par ceux-là même auparavant responsables de l'insécurité. Par ailleurs, le fort accroissement de la population Banjar au début du XIX^e siècle allait trouver dans ces terres vierges un exutoire tout naturel. Dans ce front pionnier actif, les colons Ngaju et Banjar se contentent tout d'abord de créer des rizières, régulièrement abandonnées au bout de quelques années pour de nouvelles défriches.

La mise au point de la technique de conversion des rizières en cocoteraies est plus tardive et probablement à mettre à l'actif de colons chinois installés dans l'ouest de Bornéo (1840) et de migrants Bugis (1850) originaires de Sulawesi. On suppose que c'est autour de 1885 que des pionniers Banjar installés à Riau (Sumatra) auraient découvert ces techniques au contact de colons Bugis, avant de les introduire chez eux dans le sud de Bornéo, où le système allait connaître sa plus grande extension. Au tournant du siècle, la conversion des rizières en plantations (cocotiers, caféiers voire hévéas) devient la règle. Après la Seconde Guerre mondiale, les mêmes techniques furent adaptées à d'autres plantes pérennes, essentiellement des fruitiers comme le ramboutan.

Jusque dans les années 1960-1970 le système allait s'étendre à l'ensemble des zones côtières du sud de Kalimantan, de Riau et de Jambi à Sumatra. À partir des années 1960, des variantes de ces systèmes furent développées par les autorités dans le cadre des programmes de transmigration. Poursuivant un triple objectif de désengorgement des îles centrales de l'archipel, de développement des îles périphériques, et de construction nationale par brassage de population, le gouvernement indonésien a organisé le déplacement de populations originaires de Java et de Bali vers les îles de Sumatra, Kalimantan, Sulawesi et Papouasie-Occidentale dans le cadre de gigantesques projets de colonisation agricole. Dans les zones côtières, souvent installés en dépit du bon sens bien au-delà de la zone de battement de la marée, la plupart de ces projets connurent un échec rapide.

Depuis la fin des années 1980, l'extension du système est considérablement ralentie. D'une part, les zones les plus favorables sont déjà développées, d'autre part, le lourd investissement en travail rebute la plupart des paysans, plus enclins à rechercher des emplois salariés. Aujourd'hui, les migrations entre zones rurales font moins d'émules. Les nouveaux migrants sont davantage attirés par les villes où ils espèrent faire fortune rapidement.

Références

COLLIER, 1980 ; COLLIER *et al.*, 1984 ; KNAPEN, 2001 ; LEVANG, 1997 ; SEVIN, 1985, 1990.

Nomenclature

La riziculture en Casamance est un type d'agriculture intensive pratiquée dans l'écosystème salé occupé jadis par des mangroves. L'usage de l'eau de mer, les quelques ethnies impliquées et des outils spécifiques font partie de sa singularité. On l'appelle aussi riziculture repiquée sur plaine salée ou encore rizières salées.

Localisation géographique

La mangrove est une formation végétale arborée qui borde les estuaires et les deltas de l'ensemble de la zone inter-tropicale. On la trouve aussi dans les zones désertiques bordant la mer Rouge. La plus grande extension se trouve en Indonésie qui regroupe de multiples îles bien arrosées et bordées de plaines littorales. La surface mondiale des mangroves diminue : 1 % entre 1990 et 2000, davantage en Asie du Sud-Est et en Amérique latine du fait des élevages de crevettes qu'en Afrique.

Les arbres de la mangrove, les palétuviers, sont principalement des genres *Rhizophora* et *Avicennia*. Ils colonisent les vasières d'estuaires abritées des vagues mais soumises à la marée. Ils s'accommodent des sols salés et du manque d'oxygène grâce à leurs racines aériennes et leurs pneumatophores.

Toutefois, la riziculture de mangrove ne concerne que quelques pays relativement arrosés d'Afrique de l'Ouest. Il s'agit principalement de la frange côtière qui part de la Gambie jusqu'au Sierra Leone où elle couvrait environ 200 000 ha en 1986 (ÉCOUTIN, 1999). Sur le plan géographique, sont concernés de petits fleuves côtiers aux crues modérées. Sur le plan culturel, seuls quelques groupes ethniques sont impliqués.

Conduite technique

Comme pour la mangrove à laquelle elle se substitue après défrichage, la riziculture doit résoudre le problème du sel et de l'acidité des sols. À cette condition, elle est très productive et pérennise les traditions locales tout en construisant les magnifiques paysages d'une agriculture véritablement marine.

L'aménagement commence par le brûlis des « bois salés » et le nettoyage de la végétation, qui est moindre sur les clairières aux sols fortement acides (appelés tannes). On construit

une digue de ceinture qui fait 1 mètre de hauteur. Elle protégera le riz contre les marées et emmagasiner l'eau douce ou salée selon les saisons. Sa partie basse est régulièrement percée par des buses en palmier évidé qui peuvent être fermées. Des diguettes internes et des drains facilitent la maîtrise de l'eau à l'intérieur d'une zone de plusieurs centaines d'hectares. Il faudra alors entre trois à six ans de dessalement progressif des sols avec l'eau douce régulièrement évacuée vers la mer pour voir apparaître une végétation naturelle proche des besoins du riz, qui signale le début de la culture.

La lutte contre le sel et l'acidité mobilise toutes les dimensions de l'agriculture. Sur le temps long, les producteurs ont sélectionné de nombreux cultivars de riz adaptés à cette forme d'agriculture, mais aussi dotés de paramètres organoleptiques appréciés par la population. Sur le cycle pluriannuel, l'entretien collectif des infrastructures dans des estuaires en perpétuel mouvement et la gestion des eaux douces et salées sont essentiels au succès. Tout d'abord, le seul cycle de culture annuel a lieu durant la saison des pluies. Si l'eau douce vient à manquer, on évite de drainer même si une submersion haute gêne la croissance du riz. Au pire, on abandonne le casier jusqu'à ce que la pluviométrie redevienne suffisante (environ 1 500 mm par an). La seule crainte d'une sécheresse fait maintenir des hauts niveaux d'eau dans les casiers. Dans le Sierra Leone, avec une pluviométrie plus haute (4 000 mm par an), on vide régulièrement les casiers à marée basse et on ne construit pas de réels billons contrairement au nord où ils limitent le contact des racines avec le sel (ÉCOUTIN, *op. cit.*).

Le stockage d'eau douce force l'eau salée à s'enfoncer au-delà de la profondeur des racines. L'astuce suprême est l'usage de l'eau de mer qu'on laisse envahir les parcelles en saison sèche quand la récolte est réalisée. Au moins trois raisons conduisent à cet acte subtil.



© IRD/M.-C. Cormier-Salem

D'abord, une bonne partie des sols de mangrove contient du soufre sous forme de pyrite, en particulier quand les crues ne rafraîchissent pas le sol régulièrement. L'inondation de saison sèche évite l'exposition à l'air, l'oxydation des sols et leur acidification comme sur les tannes vifs. L'eau salée élimine aussi les adventices amphibiens dont le contrôle, difficile dans le riz, exigerait des labours profonds et des sarclages laborieux. Enfin, l'eau de mer basique et chargée de matière organique fertiliserait le sol : directement par la sédimentation des vases transportées et indirectement en neutralisant l'acidité, fournissant des éléments utiles aux plantes comme le magnésium (ÉCOUTIN, *op. cit.*).

La mise en culture chaque année exige de grandes quantités d'eau douce pour éliminer l'eau salée, une partie des nutriments étant alors exportée. De toute façon, la fertilité est assurée par l'épandage de fumier animal en début de cycle. Comme la profondeur de l'eau n'est pas totalement maîtrisée, car elle dépend de la pluie, il n'est pas possible de semer à la main. La pénible opération du repiquage est donc nécessaire à partir de pépinières semées en avant-saison. Les plants repiqués sont parfois relativement âgés (plus d'un mois) pour éviter les dommages causés par les crabes attirés par les pousses tendres. Cette riziculture singulière, très localisée dans le domaine des mangroves, conduit à s'interroger sur les singularités écologiques ou sociales qui la rendent possibles.

Dans les mangroves en basse-Casamance, présence des digues mères et diguettes, bassins piscicoles et rizières endiguées.

Histoire et société

« Les Noirs font des champs de riz dans ces plaines ; ils font des levées de terre à cause du fleuve mais, malgré cela, le fleuve les rompt et inonde bien des fois les rizières », écrivait d'Almada en 1584 (cité par MARZOUK, 1984). Ce type de riziculture date donc de plusieurs siècles au moins et il semble que les crues étaient alors plus destructrices. En fait, les chercheurs s'accordent pour faire remonter la riziculture de mangrove au moins jusqu'au II^e siècle avant J.-C., date à laquelle sont attestées des vagues de migration vers les littoraux. C'est à ce moment-là que la bêche kajendu, typique de cette riziculture, a été consolidée par un embout en fer (MARZOUK, *op. cit.*). En revanche, on ignore quelle fut la riziculture originelle à partir de laquelle eut lieu la diversification des rizicultures. En effet, deux civilisations agricoles et alimentaires se partagent l'Afrique de l'Ouest : celle de l'igname au centre et celle du riz à l'ouest. Comme en Asie, le riz a néanmoins été domestiqué en Afrique avec des variétés typiquement africaines. Cette domestication a donné lieu à de multiples agricultures : riz de bas-fonds, culture pluviale, riz flottant, etc.



© IRD/P. Cayré

L'hypothèse de PÉLISSIER (1966) repose sur la notion de peuplement refuge. Les ethnies sans autorité centrale ont été repoussées par les puissants royaumes guerriers, commerçants et esclavagistes qui devaient par la suite s'islamiser (CORMIER-SALEM, 1999). Elles se seraient alors réfugiées dans les zones marécageuses du littoral où l'intensification agricole avec des techniques spécifiques, à l'image de l'histoire des Pays-Bas, a permis un accroissement démographique sans précédent en même temps qu'elle préservait leurs traditions. D'autres auteurs nuancent les peuplements refuges en soulignant que la mangrove a toujours accueilli les migrants, parias et exclus non islamisés des autres sociétés.

Quoi qu'il en soit, la riziculture de mangrove se caractérise par la bêche appelée kajendu chez les Joola (avec des variantes de forme et de nom dans les autres ethnies). Elle a la forme d'une pelle allongée, principalement en bois, et emmanchée, curieusement, d'un manche démesuré. Le kajendu est poussé dans l'argile humide et régulièrement retourné pour réaliser un labour, dresser des billons ou ériger une diguette. Une personne, parfois deux, la manie. Plus curieusement encore, la présence de bovins N'dama dans ces régions, race résistante à la trypanosomiase, n'a pas conduit à la culture attelée selon de probables croyances culturelles. En revanche, les bovins sont nécessaires pour la fertilisation des parcelles, ce qui a limité, peut-être, l'extension de la riziculture de mangrove là où cette race

Aménagement traditionnel et construction de digues en terre pour l'exploitation rizicole et halieutique de la mangrove.

existait sur les confins littoraux occidentaux de l'Afrique de l'Ouest.

Dans ce type de riziculture, chaque ménage a une parcelle ou un groupe de parcelles disposées transversalement pour bénéficier de la gamme de conditions de culture depuis le bord de l'estuaire jusqu'à l'intérieur des terres. Les familles ont aussi accès à d'autres ressources : pêche, récolte des produits de la mangrove, plantation d'anacardier, rizières à l'amont qui traduit la multiplication des sources de revenus ainsi qu'une gestion du risque (ÉCOUTIN, *op. cit.*). En effet, dépendre de la seule riziculture de mangrove revient à dépendre du caprice des crues ou de l'envahissement du riz par l'eau de mer. Par ailleurs, certaines ethnies ne vendent pas le riz de mangrove, qui sert aux cérémonies. Les autres productions sont en revanche vendues. Au-delà des familles réduites ou des ménages qui ont la charge des digues et diguettes bordant leurs parcelles, le lignage est à la base de la gestion collective. Un chef de lignage prestigieux peut mobiliser des familles dépendantes pour construire une rizière et la partager. Les innovations peuvent être nombreuses comme l'introduction de variétés ou la modification

des labours. À l'époque coloniale, il semble que des rizières du Saloum aient été transformées en salines suite à la demande des commerçants du nord (CORMIER-SALEM, 1999). Sur le plan social toutefois, ces ethnies sans autorité centrale (elles fonctionnent par un conseil des anciens dans chaque village) ont maintenu les prérogatives traditionnelles concernant la division du travail entre hommes et femmes et selon les générations. Par exemple, seuls les hommes mariés de plus de 45 ans peuvent construire et réparer les digues de ceinture.

Cette tradition sociale pose de plus en plus de problèmes. En effet, les jeunes sont appelés vers les villes, réduisant la main-d'œuvre nécessaire aux tâches agricoles. Les gros travaux restent pourtant essentiels dans des estuaires aux formes mouvantes, s'ensablant d'un côté alors que la ligne de bord de mer s'enfonce dans les terres à d'autres endroits et

menace les digues. Finalement, la diminution de la pluviométrie dans cette région accuse les difficultés mais n'explique pas à elle seule la réduction des surfaces en riziculture de mangrove.

Références

CORMIER-SALEM, 1999 ; ÉCOUTIN, 1999 ; MARZOUK SCHMITZ, 1984 ; PÉLISSIER, 1966.

<http://www.fao.org/forestry/foris/webview/wm-atlas/index.jsp?siteId=5321&sitetreeId=25700&langId=1&geoId=0>

<http://www.glomis.com/> GLOMIS- : GLObal Mangrove database and Information System

<http://www.zhw1.info/010ArchivesArticles/010Art4LaMangrove.htm>

http://www.wcmc.org.uk/marine/data/coral_mangrove/marine.maps.main.html

Nomenclature

Le système des digues à mûriers est une forme d'agriculture complexe, dans laquelle l'étang et la plate-forme de culture sont des unités de production intégrées, le rendement de chacune d'elles étant supérieure à ce qu'il serait si elle était seule. Il associe la pisciculture, la culture de mûriers pour la sériciculture, la production de fruits et de légumes, la riziculture et l'élevage de porcs et de volailles. Il représente l'une des formes les plus achevées d'intensification de l'agriculture préindustrielle.

Localisation géographique

L'agriculture intégrée est bien représentée et diversifiée en Chine et au Vietnam. En Thaïlande, elle est moins développée et plus récente. Mais il semble que le delta de la rivière des Perles, dans la province Guangdong (entre autres districts : Chunde, Nanhai, Zhongshan, Xinhui, Heshan), ait l'exclusivité mondiale de l'association du mûrier et des étangs piscicoles, du moins sur une superficie aussi grande (200 000 hectares environ). Le même système est pratiqué, sur de plus petites surfaces, dans l'est de la Chine. Dans les deltas du nord, les gelées endommagent les mûriers tandis qu'au sud, la chaleur limite la pisciculture. Par endroits, la crue est trop destructrice.

Le delta de la rivière des Perles est une région de 12 000 km² dans laquelle convergent de larges fleuves : Xijiang, Beijiang et Zhujiang. Il y a 900 ans, c'était une vaste zone marécageuse fréquemment inondée. Le delta se présente aujourd'hui comme un semis d'étangs de moins d'un hectare séparés par des terre-pleins d'une dizaine de mètres de large, le tout étant surplombé ça et là par de petites collines. Le sol alluvial est riche en matières organiques. La pluviométrie annuelle, principalement estivale, est de 1 200 à 1 800 mm. Ces fortes précipitations engendrent l'inondation des zones basses, aggravée par l'augmentation des ruissellements d'amont, suite à la déforestation. Le climat est tempéré avec des températures hivernales de 13 °C et estivales de 28 °C. La région est sujette aux sécheresses de printemps, aux pluies de mousson et aux cyclones l'été.

Conduite technique

Le système est composé d'étangs dont la profondeur dépasse deux mètres, alternés avec de larges planches de culture qui surplombent

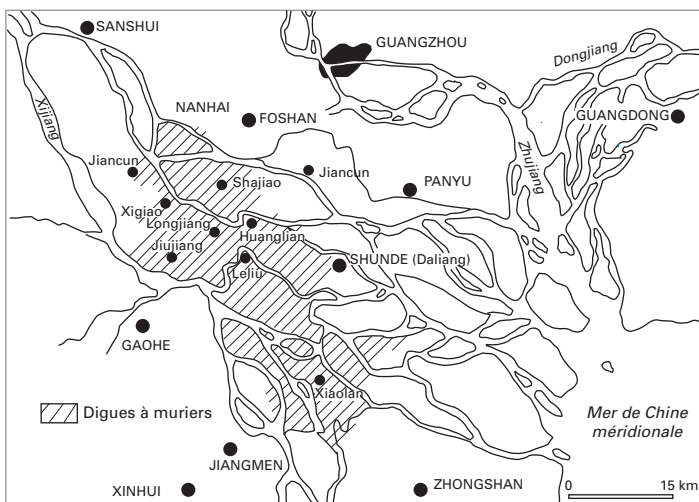
l'eau à un mètre de hauteur. Les étangs et les digues occupent une surface équivalente avec un léger avantage pour les étangs (55 %).

Les étangs sont creusés ou aménagés dans les zones basses inondées, en évacuant les boues sur les terres émergées voisines. Une application de chaux et de tourteau de thé qui apporte des éléments nutritifs, est pratiquée dans le fond des cuvettes puis elles sont mises en eau. Diverses espèces de carpes forment l'essentiel de l'empoissonnement et s'établissent en trois niveaux différents. Entre deux eaux, la carpe chinoise herbivore (*Ctenopharyngodon idella*) se nourrit des feuilles de mûriers et des déchets de magnanerie régulièrement rejetés. À l'étage supérieur, les carpes argentées (*Carassius auratus*) ou à grosse tête (*Aristichthys nobilis*) se nourrissent de plancton, lui-même alimenté par les déjections de toutes ces carpes, qui risqueraient sinon de polluer l'eau. Au fond, les carpes communes (*Cyprinus carpio*) trient les déchets et consomment les résidus des diverses déjections. Les poissons bénéficient au départ de la richesse des sols alluviaux, régulièrement enrichis par les eaux du fleuve et les infiltrations en provenance des terre-pleins. De manière additionnelle, ils sont alimentés par des tourteaux de soja et des déchets de toutes sortes produits dans les fermes installées sur les plates-formes. Peu de nourriture est achetée à l'extérieur et le rendement en poissons dépasse trois tonnes par hectare, ce qui en fait un élevage hautement performant. L'étang reste en eau toute l'année, les empoissonnements et les pêches étant pratiqués de façon échelonnée.

Les terre-pleins sont plantés de mûriers (*Morus alba*) et de canne à sucre (*Sacharum officinarum*), placés sur des digues séparées. Les feuilles de mûrier sont récoltées sept à huit fois par an pour nourrir les vers à soie et le dévidage des cocons suit la même fréquence.



Delta de la rivière des Perles (province de Guangdong), d'après RUDDLE *et al.*, 1983.



Les arbres sont remplacés tous les six à dix ans pour garantir une bonne production de feuilles. Les fermiers curent les étangs deux à trois fois par an et placent les boues fertilisées ainsi obtenues sur les planches de cultures. En plus des mûriers et des cannes à sucre, les paysans cultivent sur les terre-pleins des bananiers, des agrumes, des litchis, des fleurs et des légumes. Les légumes, cultivés toute l'année, bénéficient également des résidus fertiles issus de la culture de champignons et prospèrent sous les mûriers qui ont perdu leurs feuilles. De plus, des treillis sont tendus sur les talus au-dessus des canaux et supportent des cultures de melons et de concombres. Là encore, l'achat d'engrais minéral n'est pas utile et les rendements sont élevés. Les élevages de vers à soie, de volailles (poulets et canards) et de porcs, dont les excréments enrichissent également les eaux, sont menés sur les digues.

Le bilan énergétique est très favorable du fait du recyclage des éléments nutritifs produits par les feuilles de mûriers, les déchets des vers, l'eau des filatures, les mélasses de sucreries et le lisier de porc. Un hectare de mûriers génère 240 kg de soie brute et un supplément de plus d'une tonne et demie de poisson. La carpe chinoise herbivore tient ici le rôle du ruminant de la polyculture européenne pour la transformation des éléments assimilables par les plantes. Enfin, les excédents de pluie sont drainés dans les canaux qui irriguent les plantes par capillarité en cas de sécheresse.

Il existe aussi des complexes de digues à canne à sucre/étang piscicole, plus simples et moins efficaces que celui fondé sur le mûrier, ainsi que des systèmes à base de fruits ou de fleurs.

Histoire et société

La première mention des digues à mûrier dans la rivière des Perles apparaît au IX^e siècle, mais le système est peu développé. À cette époque, la forte complémentarité entre les élevages de vers à soie et de poissons n'est pas encore reconnue et le mûrier n'est pas la culture principale. Au Moyen Âge, la région est surtout réputée pour le frai récolté sur la végétation aquatique dans les bras des fleuves. Puis le delta bénéficie des premiers aménagements visant à drainer les marais. Les bras morts barrés facilitent la pêche à l'étiage, les digues pérennisent les étangs et le réseau devient suffisamment efficace pour autoriser des établissements à l'année. Les paysans pêchent et plantent des arbres fruitiers sur les digues. Ils écoulent facilement le poisson et les fruits vers la ville, par voie fluviale. Les agriculteurs cultivent aussi du riz pour leur propre consommation et commencent à implanter le mûrier sur les digues.

Au XVI^e siècle, le commerce international de la soie est en pleine expansion et la demande en soieries devient très forte. Puis, toute l'exportation de la soie est interdite sauf à partir de Guangzhou (Canton). Dès lors, le delta de la rivière des Perles, déjà favorisé commercialement, saisit cette opportunité et étend ses surfaces de mûriers au détriment de ses arbres fruitiers. L'accumulation des déchets de la sériciculture autour des maisons pose bientôt des problèmes sanitaires majeurs. Les paysans se résolvent alors à les jeter dans les étangs et découvrent à cette occasion qu'ils profitent à leurs poissons ! Dès lors, il n'est plus nécessaire d'acheter les fourrages onéreux pour la pisciculture. Le système intégré



© FAO/20044/H. Zhang

fondé sur la culture du mûrier et l'étang à poissons vient d'être découvert et va se développer, engendrant dans toute la région une économie florissante.

Malheureusement, dans les années 1930, la soie exportée subit le choc de la grande dépression et met en péril la prospérité de la zone qui survit néanmoins en complétant la traditionnelle sériciculture par l'installation de sucreries et le développement de la culture de cannes à sucre. Les systèmes canne à sucre/étang piscicole sont plus simples et moins efficaces que les systèmes à base de mûrier mais restent très performants. De nouveau, durant l'invasion japonaise (1938-1945), la sériciculture chinoise décline face à la concurrence des soies du Japon. Parallèlement, le prix du riz augmente fortement. Face à la montée du prix du riz qu'ils doivent acheter, ne le produisant pas, et à la baisse de leurs revenus issus de la vente de la soie, les paysans du delta abandonnent progressivement les étangs et leurs mûriers.

Dans les dernières décennies, le retour de l'économie de marché a redonné un avantage à l'agriculture intégrée à faibles coûts et à forte intégration technique et commerciale. C'est le renouveau des systèmes mûriers/étangs piscicoles qui deviennent alors un modèle d'aménagement pour toutes les zones inondables. Depuis l'instauration du régime communiste, en 1949, jusqu'aux années 1980, une organisation rationnelle et scientifique tente de favori-

Les digues à mûriers qui enserrant des bassins piscicoles relèvent d'un système artificiel traditionnel qui remonte à la Chine antique. Elles prospèrent dans le lac Taihu (province de Jiangsu) et dans le delta de la rivière des Perles (province de Guangdong).

ser les interactions productives de l'industrie sucrière et des filatures. Par ailleurs, de nouvelles zones piscicoles se créent dans la région mais elles ont moins de terre-pleins, présentent donc moins d'interactions et sont moins performantes. L'usage d'aliments composés, l'achat d'engrais minéral, une meilleure protection sanitaire, des souches améliorées de poissons et un travail moindre améliorent les performances piscicoles. L'horticulture, à son tour, profite des avantages indéniables procurés par l'irrigation à partir des étangs. L'élevage du canard et du porc se développe et la récolte du frai naturel est toujours pratiquée. Les activités variées menées dans le delta exigent une main-d'œuvre abondante tout au long de l'année, ce qui procure des emplois et des revenus réguliers à de nombreux paysans.

Les facteurs écologiques particuliers, l'ouverture de marchés lucratifs, la haute densité de population, l'évolution historique particulière et l'absence d'emplois alternatifs ont condi-

tionné la réussite des digues à mûriers de la rivière des Perles. Aujourd'hui, le système devient « tendu », c'est-à-dire qu'il a atteint un degré de sophistication difficilement améliorable sans remise en question substantielle. L'introduction de nouvelles espèces, plus productives ou plus résistantes aux maladies, est difficile. Le recours aux pesticides est limité afin de protéger les poissons. Le passage à l'agriculture industrielle, ici chimique et génétique, conduit à une certaine spécialisation. De plus, depuis les réformes sociales entreprises en Chine dans les années 1980, le ménage doit assumer au quotidien la gestion des ressources productives. Des disparités dans la réussite, les revenus et les niveaux de vie des ménages risquent de déséquilibrer le système. Parfois, l'étang et la planche à mûriers sont gérés par différents propriétaires qui ne coopèrent pas nécessairement entre eux. La force de travail s'oriente vers les activités non agricoles générant des salaires qui comptent aujourd'hui pour près de la moitié des revenus de la paysannerie.

Les avantages de la polyculture de climat tropical à forte densité de population en termes de répartition du risque, d'interactions biologiques positives (fertilisant, ravageurs) et d'étalement du travail ont amené de nombreux gouvernements à l'appliquer pour leurs propres paysans. C'est oublier les conditions historiques de leur exercice, des siècles de succès ne garantissant pas nécessairement celui d'aujourd'hui. Alors que dans la rivière des Perles, le système rencontre des difficultés, des systèmes de culture intégrée, rappelant le modèle des digues à mûriers, sont développés à petite échelle dans d'autres régions du monde par les organisations de développement agricole. Leur succès est espéré par tous mais non garanti.

Références

CHAN, 1985 ; LUO et HAN, 1990 ; LIU *et al.*, 2002 ; MARTEN, 1986 ; PANT *et al.*, 2005 ; RUDDLE *et al.*, 1983 ; RUDDLE et ZHONG, 1988 ; ZHONG, 1987, 1989, 1990 ; ZHONG *et al.*, 1997.

Nomenclature

La Dombes est le siège d'une agriculture d'étang singulière et localisée qui fait se succéder périodiquement pisciculture et céréaliculture sur une même surface. Les régimes de faire-valoir et les modes d'appropriation du sol, la diversité des utilisateurs du milieu, le système d'exploitation, l'organisation sociale, le poids des activités cynégétiques constituent les principaux paramètres qui déterminent le fonctionnement de ces étangs « cultivés » de façon extensive. Ici, le paysage présente la particularité de changer complètement de physionomie d'année en année, au fil des périodes d'eau et d'assec. Ce système hydraulique agro-piscicole est l'un des plus grands ensembles d'étangs continentaux exploités en France.

L'origine et le sens du mot Dombes, difficiles à vérifier, continuent de faire débat. Le *s* final n'implique pas l'idée de pluriel, puisque les locaux disent « la » Dombes. Il est assez généralement admis que cette forme représente une désinence contractive du bas latin *pagus dumbensis*.

Localisation géographique

La Dombes fait partie du département de l'Ain et se situe au nord-est de Lyon. C'est un plateau faiblement ondulé, légèrement incliné vers Bourg-en-Bresse, dont l'altitude moyenne avoisine 280 mètres. Ses limites sont bien marquées au sud, à l'est et à l'ouest, le plateau dominant les cours d'eau respectifs du Rhône, de la Saône et de l'Ain par des abrupts – les côtières – de 50 à 120 mètres de dénivelé. Au nord, les limites sont plus floues et le passage de la Dombes à la Bresse s'effectue insensiblement à la hauteur de Servas. La « Dombes des étangs », constitue le cœur de cette région originale. La Dombes administrative définie par l'Insee, comporte une trentaine de communes dont les plus importantes sont Chalamont, Villars-les-Dombes, Saint-Paul-de-Varax et Saint-André-de-Corcy.

Il y a 250 000 ans environ, les invasions glaciaires ont joué un rôle important dans la constitution des paysages actuels. En effet, elles sont à l'origine, à la fois du relief peu marqué de collines morainiques et de la qualité des sols caractérisés par leur imperméabilité, due à une forte teneur en argile. La quasi-absence de pente et la nature des sols ont permis l'installation des étangs ; elles sont aussi responsables de la difficile mise en valeur des terres.

Le climat est de type continental avec des hivers froids et des étés chauds, les brouillards sont fréquents. Dépasseant le millier, d'une surface allant de 5 à plus de 100 ha, les étangs couvrent environ 11 000 ha, soit 10 à 12 % de l'occupation des sols en zone centrale, après

avoir inondé jusqu'à un cinquième du territoire au XIX^e siècle.

Conduite technique

Circulation de l'eau et travaux du sol

Les étangs de la Dombes sont avant tout – d'un point de vue historique et écologique – des plans d'eau peu profonds à vocation cyprinicole... Le savoir-faire s'est par conséquent organisé autour de la carpe jusqu'à nos jours.

Ce système d'exploitation original fait alterner l'élevage de poisson pendant la période en eau (appelée évolage, du latin *eve*, l'eau) et la culture de céréales en assec, selon un cycle régulier. Traditionnellement, une année d'assec avec culture d'avoine était suivie de deux années d'eau. Aujourd'hui, maïs, avoine ou – plus rarement – blé sont cultivés, avec une nette tendance à l'allongement de la période en eau, d'une durée pouvant aller jusqu'à quatre ou cinq années.

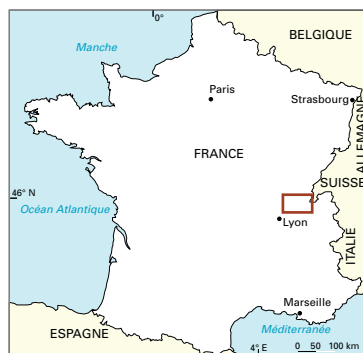
L'eau joue un rôle fondamental en Dombes. Tour à tour maudite, convoitée ou attendue, elle est à l'origine des réseaux parfois denses de fossés destinés à faire écouler les eaux en excès et à alimenter les étangs. Ces derniers se remplissent uniquement par les eaux pluviales qui ruissellent sur les bassins versants et par celles qui arrivent des vidanges ou des trop-pleins des étangs supérieurs. Chaque étang possède un fossé de vidange et un fossé d'arrivée d'eau. Les eaux superflues sont évacuées par l'ébie (trop-plein). Ces différents fossés communiquent très souvent entre eux

et reçoivent les eaux « de terres », formant un réseau hydrographique d'une complexité variable selon la topographie, le nombre et la superficie des étangs. Les exploitants interviennent sur ce réseau en barrant ou laissant s'écouler l'eau, selon qu'ils en ont besoin ou non, à l'aide de « pelles » ou de barrages nommés ici « batardeaux ».

Pour « faire un batardeau », on a recours au « clavage », opération que l'on retrouve souvent en Dombes. Il s'agit de malaxer de l'argile soigneusement choisie avec une certaine quantité d'eau de manière à obtenir un mélange imperméable. La terre clavée est également utilisée pour construire les digues d'étangs et colmater d'éventuelles fuites. La surveillance des chaussées et le repérage des « ratières » (fuites provoquées la plupart du temps par les rats musqués) sont d'autres tâches importantes, tout comme l'est le nettoyage régulier des grilles situées aux arrivées d'eau pour que l'eau ne soit pas stoppée par les feuilles lors de son écoulement. Certains travaux ne sont pas indispensables, mais prônés par les exploitants les plus attentifs. Pour améliorer la production, certains épandent des engrais dans l'eau, à partir d'un bateau ; toutefois, il est plus habituel de disposer du fumier en tas sur l'assec, avant la remise en eau à l'automne. Le faucardage est également pratiqué si nécessaire, pour limiter l'extension des végétaux aquatiques envahissants.

La terre en suspension dans l'eau se dépose peu à peu dans le bief et la pêcherie ; au bout de quelques années d'évolage, il devient nécessaire de les curer pour dégager la boue qui gêne les opérations de pêche. Ces travaux s'effectuent aujourd'hui à l'aide d'un bulldozer ou d'une pelle hydraulique ; hier ils étaient effectués à la main ou avec la « pelle à bœufs ».

L'étang temporairement asséché est cultivé au même titre qu'une terre, avec quelques soins particuliers : ainsi, les travaux d'assainissement préalables pour faire égoutter l'étang sont plus importants que ceux d'une terre ; une fois ressuyé, le sol d'étang doit « être pris à temps » car il sèche plus rapidement qu'une terre ordinaire. Le labour en billons bombés a longtemps été pratiqué ; le labour en planches l'est encore fréquemment s'il s'agit ensuite de semer de l'avoine ; ce sont des techniques complexes de travail du sol, autrefois adoptées pour toutes les céréales en Dombes. La culture d'assec, liée à de nombreuses contraintes sociales et techniques, est rarement rentable aujourd'hui et certains étangs sont simplement « retournés », voire fraisés au cultivateur rotatif puis laissés « à soleil ».



**La Dombes des étangs
dans le centre-est de la France.**

La pêche

Chaque année d'eau, les étangs sont alevinés, vidés puis pêchés à l'automne suivant. Tous les quatre ou cinq ans en moyenne, ils sont pêchés au printemps et laissés à sec, en général un été durant, pour être cultivés. Carpes, tanches, gardons, rotengles et brochets sont élevés dans les mêmes étangs, mais la carpe est la seule espèce à faire l'objet d'une production d'alevins séparée, dans de petits étangs de pose ou d'empoissonnage réservés à cet effet. On distingue traditionnellement les « feuilles » (alevins d'un été), les « panots »



© Marchenay/Bérard, CNRS

(alevins de deux étés) et les mères (terme désignant les géniteurs mâles ou femelles). Pour « empoissonner un étang », on compte en moyenne 120 panots, 10 kg de tanches, 15 kg de blanc (gardons et rotengles) et quelques brochets à l'hectare, mais ces chiffres sont ajustés par l'exploitant en fonction de la nature des fonds et de la qualité de l'eau.

Phase la plus spectaculaire de l'évolage, la pêche se déroule à l'automne ou en hiver, voire au printemps lorsque l'étang est mis en assec. Elle a lieu tous les ans pour les étangs de pêche réglée (étangs marchands) et les étangs d'empoissonnage. La première phase consiste à « faire couler l'étang » : le thou (ouvrage muni d'une bonde, permettant de retenir l'eau ou de l'évacuer) est ouvert assez longtemps à l'avance et on règle le débit de manière à ce que l'étang puisse être pêché à la date fixée. Il doit conserver alors la quantité d'eau nécessaire pour permettre au poisson de rester en vie, sans toutefois qu'un niveau trop élevé ne gêne les opérations. Le camion du poissonnier stationne sur la chaussée, le matériel est sorti. Deux équipes, une de chaque côté du bief (fossé creusé dans la partie basse de l'étang et orienté plus ou moins perpendiculairement au thou en direction de la queue d'étang), tirent le filet perpendiculairement en direction de la pêcherie. Le poisson est alors rassemblé dans le filet formant une

Vidange de l'étang Bataillard avant la pêche. On distingue bien les chaumes du maïs cultivé lors de l'assec précédent. Saint-André-le-Bouchoux, hiver 2005.

grande poche. Les trieurs prennent place autour de la « gruyère » (table de tri allongée), les porteurs à côté des « filochons » (grosses épuisettes sans manche), remplacés de plus en plus par des caisses en plastique. Le « pêcheur » commence à sortir le poisson et à le déverser dans la gruyère à l'aide de l'« arvot » (large épuisette au long manche). Le poisson est rapidement trié et entreposé dans les filochons ou les caisses, enlevés au fur et à mesure pour être pesés sur la chaussée, puis reversés dans les cuves du camion-vivier. Un deuxième puis un troisième coup de filet seront donnés. Différents types de filets sont utilisés, chacun ayant une maille adaptée à la taille du poisson que l'on souhaite pêcher. Si l'étang est ensuite mis en assec, il faut sortir la totalité du poisson ; s'il est remis en eau, on « reverse » la quantité nécessaire de blancs, tanchons et filatons (petits brochets) en cours de pêche, derrière le filet, pour empoissonner. On laisse « un bon fond de pêche » avec le poisson resté dans l'étang. Le poisson est tou-



© Marchenay/Bérard, CNRS

jours vendu vivant. Une fois l'opération terminée, si l'étang n'est pas mis en assec, le thou est fermé et l'étang reprend l'eau.

Histoire et société

Le premier témoignage indiscutable de la présence des étangs en Dombes date du XIII^e siècle. En 1230, selon M.-C. GUIGUE (1857), la charte de fondation de la Chartreuse de Polteins fait état d'un étang donné par Marguerite de Beaujeu qui l'avait fait construire. Les étangs sont considérés d'« intérêt public » au XV^e siècle. Il suffit dès lors d'être propriétaire d'un point bas et d'avoir les moyens pour construire un étang, en inondant au besoin les terres voisines. De ce droit d'inondation découle la dissociation de la propriété de la terre et de l'eau. Tout un ensemble de droits et d'usages s'instaurent, identifiant les droits et les devoirs respectifs des nombreux propriétaires et usagers de l'eau et du sol. Une première polémique vit le jour en pleine période révolutionnaire, associant les étangs au système féodal. Au siècle suivant, une seconde polémique, autrement plus virulente, se déroula sur le terrain de l'hygiène et de l'agronomie et faillit conduire à leur disparition. Le nombre des jours maigres qui inclut les quarante jours du Carême, les mercredis, vendredis et samedis jusqu'au XVI^e siècle,

Culture d'avoine dans un étang en assec. Au premier plan, le thou, puis la pêcherie, prolongée par le bief. La chaussée est traditionnellement plantée d'aulnes glutineux. Étang Renolly à Saint-Paul-de-Varax, juin 2005.

demeure important les siècles suivants. L'étang qui se pêche alors à cette époque constitue une source importante de revenus. La carpe, poisson très résistant, s'élève assez facilement.

Aujourd'hui, la pisciculture, extensive, occupe une place à part dans l'agriculture dombiste. Une certaine inertie continue d'être observée, liée aux structures foncières impliquant des propriétaires peu concernés par la rentabilisation de leur bien. En effet, plus de 80 % des étangs sont exploités par des citadins, lyonnais pour beaucoup, par l'intermédiaire de gardes, de régisseurs ou de fermiers intéressés au rendement. La rentabilité économique est très variable selon les modes d'exploitation choisis. Les étangs exploités en fermage ou en propriété directe par des agriculteurs affichent des rendements souvent supérieurs. Les travaux d'entretien sont assurés dans le cadre de l'exploitation ; de façon ponctuelle, des amé-



© Marchenay/Bérard, CNRS

liorations sont apportées à la gestion de l'eau, la fertilisation, l'aménagement des étangs.

La chasse

La chasse joue un rôle capital en Dombes. Associée à l'étang et à la grande propriété citadine, elle ne laisse de place ni aux sociétés communales ni aux associations locales de chasseurs. La location du droit de chasse s'est beaucoup développée depuis une trentaine d'années, perturbant l'organisation cynégétique dans cette région, en raison des prix élevés pratiqués. Ainsi, la chasse en Dombes concerne une classe aisée et citadine et exclut la majorité des Dombistes. En revanche, il existe un usage local, remontant vraisemblablement au ^{xvii}^e siècle, qui autorise les habitants de l'ancien arrondissement de Trévoux – l'actuelle Dombes – à pratiquer la « passe au gibier d'eau », ou « affût », sur tous les chemins communaux classés de leur commune. Cet usage fut à l'origine de tensions parfois très vives ; il est beaucoup mieux compris des propriétaires dombistes de longue date – connaissant les usages locaux et conscients de leur valeur symbolique – que des nouveaux venus ou des locataires de chasse voyant là une atteinte à la propriété. La « passe au canard » est le type de chasse le plus caractéristique ; le chasseur, posté sur la rive, attend le passage du gibier : morillons, milouins, colverts, chipeaux, souchets.

Après l'assec, le thou est refermé dès la récolte terminée ; l'étang « reprend l'eau » pour une année d'élevage de poissons. Étang Renolly, Saint-Paul-de-Varax, printemps 2000.

Malgré des intérêts souvent divergents, il existe en Dombes un *modus vivendi* entre pisciculteurs, agriculteurs et chasseurs. La chasse n'a pas – comme en Sologne – éclipsé les autres activités, et il faut compter avec elle. Elle joue un rôle économique non négligeable et contribue, par les capitaux qu'elle apporte, au maintien de l'étang.

Entretien de la biodiversité et espèces invasives

Ce mode original de culture extensive, par l'alternance des périodes de mise en eau et d'assec – cultivé ou non – engendre de la diversité biologique à différents niveaux. En effet, les pratiques d'exploitation mises en œuvre entraînent un rajeunissement cyclique de l'écosystème, créant en permanence de la biodiversité animale et végétale. Comme les étangs sont peu profonds et leurs rives en pente douce, des associations végétales aux exigences écologiques différentes s'installent, parfois le temps d'un cycle agro-piscicole : espèces de pleine



© Marchenay/Bérard, CNRS

eau, immergées, émergées, phytoplancton, etc. À leur tour, des espèces animales, zooplancton, insectes, invertébrés, mammifères et oiseaux investissent les lieux au fil des inondations et des assèchements temporaires.

Jusque récemment, les prédateurs du poisson, notamment hérons et mouettes, ne provoquaient pas trop de dégâts et étaient tolérés tant bien que mal par les exploitants. Mais aujourd'hui, la pisciculture d'étang est très sérieusement menacée par l'invasion du grand cormoran qui prend des proportions inquiétantes. À cela s'ajoute la présence d'autres indésirables : des mammifères tels le rat musqué ou le ragondin, qui peuvent endommager les chausses, ainsi que des poissons comme la perche soleil, le poisson chat et un petit poisson du genre *Pseudorasbora* qui entrent en concurrence alimentaire avec les espèces commercialisées.

Commercialisation et perspectives

La dernière enquête nationale sur la pisciculture d'étangs française indique pour la Dombes une production moyenne brute à l'hectare de 240 kg, toutes espèces confondues (LE QUÉRÉ et MARCEL, 1999), la production globale oscillant entre 1 000 et 1 400 t. Ce chiffre peut atteindre 400 kg chez certains exploitants, toutefois la tendance est sérieuse-

Scène de pêche en Dombes. Dans le filet, le pêcheur prend le poisson avec son « arvot », avant de le déverser dans la table de tri, appelée « gruyère ». D'un côté, les hommes trient le poisson ; de l'autre, les porteurs attendent que les filochons soient remplis pour les transporter jusqu'au camion-vivier. Étang La Tour, Saint-Paul-de-Varax, hiver 2005.

ment à la baisse depuis quelques années. La carpe représente 50 à 60 % du tonnage de poisson d'étang, soit 800 t en 2006 ; elle est traditionnellement vendue vivante en Allemagne, pays consommateur qui apprécie tout particulièrement la qualité de ce poisson élevé en extensif dans les zones piscicoles françaises. Toutefois, le marché s'est recentré sur la France, en particulier la région du Sundgau en Alsace. Un atelier de filetage existe depuis une vingtaine d'années en Dombes, absorbant partiellement la production ; la partie restante des carpes est vendue pour repeupler rivières et plans d'eau. Les autres espèces de poisson sont toutes commercialisées pour le repeuplement.

Le prix de la carpe payé au producteur reste très bas, ce qui n'encourage pas les efforts d'innovation dans les méthodes d'élevage ! On



© Marchenay/Bérard, CNRS

observe quelques initiatives intéressantes : créations d'écloseries performantes pour la production d'alevins, développement de techniques d'apport de complément alimentaire, notamment avec nourrisseurs sur les étangs.

Les producteurs et les négociants développent actuellement un projet de valorisation de la carpe, et plus généralement des poissons d'étangs de la Dombes, à travers une indication géographique protégée (IGP). Cette démarche s'appuie sur tous les acteurs de la filière piscicole. Elle est amplement justifiée par les atouts dont bénéficie la carpe et qui marquent sa spécificité à travers son histoire, les modalités de son élevage, les relations que ce singulier système hydraulique agro-piscicole entretient avec le paysage.

Au printemps, les étangs sont souvent couverts d'un tapis flottant de renoncules aquatiques en fleurs (*Ranunculus aquatilis* L.).
Étang Bataillard, Saint-Paul-de-Varax, juin 2004.

Références

BÉRARD, 1983, 1985, 1989, 1994 ; BÉRARD et MARCHENAY, 1981 ; BOSSI, 1808 ; EGLOFF, 1937 ; FLÉCHET, 1967 ; GUIGUE, 1857 ; LEBRETON, BERNARD, DUPUPET (dir.), 1991 ; LE QUÉRÉ et MARCEL, 1999 ; MANCERON, 2005 ; PERCEVEAUX, 1962, 1972 ; RIVOIRE et TRUCHELUT, 1881 ; SCEAU, 1980 ; TRUCHELUT, 1904.



Partie 2

Cultiver les terres arides

Attrape-brouillard en forme d'arbre fontaine un jour
de brume dans la région du sanctuaire de la Cruz
de Los Humilladeros (île de El Hierro, Canaries).
(Installation par Natural Aqua dans le cadre
du projet européen Dysdera.)

© C. Sanchez Recio

Les régions arides sont des milieux hostiles, caractérisés par le manque d'eau, des températures souvent élevées, une végétation pauvre et des sols érodés. Elles occupent le tiers des terres émergées. La vie s'y maintient difficilement et pourtant des communautés humaines importantes s'y sont installées et y pratiquent depuis des temps reculés une agriculture marquée par des moyens ingénieux pour retenir l'eau et le sol, se protéger du vent et du froid nocturne, éviter la salinité des terres et se prémunir contre les épisodes de sécheresse. Paradoxalement, dans ces univers où il faut gérer avant tout le manque chronique d'eau et les sécheresses, il faut également savoir faire face à de violentes inondations saisonnières, dues à des orages violents.

L'aridité se définit non seulement par une pluviométrie annuelle basse mais aussi en fonction de la périodicité des pluies. Dans les zones arides, la pluviométrie annuelle est comprise entre 100 mm à 300 mm, dans les zones semi-arides entre 300 mm et 600 mm. Plus la pluviométrie est basse, plus la variabilité des précipitations est grande et moins la survenue des pluies est prévisible. Il peut s'agir de fines ondées localisées ou d'orages violents qui arrivent de façon erratique ou en pics saisonniers, parfois trop tard pour irriguer les cultures. En hiver, les pluies s'accompagnent de températures trop basses pour une bonne croissance des plantes, en été des températures trop hautes provoquent une évaporation intense. Les différences thermiques exacerbées conditionnent une végétation clairsemée de steppe et de savane, incapable de maintenir en place les sols rares balayés par des vents desséchants. Les cultures sont soumises à des risques de gelée matinale, principalement en altitude, et subissent durant le jour une très forte évaporation qu'il faut compenser par un apport d'eau suffisant et un bon drainage pour laver la terre des sels accumulés. La couche d'humus est faible, sinon inexistante et les sols nus sont érodés par les écoulements qui y creusent facilement des ravines et des ornières. Les sols sableux laissent l'eau s'infiltrer trop rapidement tandis que les autres, parfois de véritables carapaces, accélèrent le ruissellement. Pluies rares et imprévisibles, grandes différences thermiques, érosion du sol par le vent et les pluies, maigre végétation sont ainsi des traits communs à toutes les zones semi-arides. Mais elles se distinguent les unes des autres par de nombreux caractères qu'il s'agisse de la topographie (plaine ou montagne), de la saisonnalité des pluies (estivales ou hivernales), de la durée de la saison humide ou de la nature des sols (alfisols, vertisols, ferrasols ou autres) eux-mêmes sujets à une faible infiltration, au crevassement, à l'encroûtement et à la salinité. La pression anthropique et l'élevage fragilisent encore ces milieux.

Pour faire face à ces contraintes, les communautés humaines ont mis au point des modes de gestion de l'espace et de ses composantes appropriés aux conditions climatiques. Elles choisissent des plantes qui supportent le climat, adoptent des pratiques culturelles spécifiques et mettent au point des aménagements variés, adaptés à la topographie de la zone – plaine, montagne ou région côtière – dont elles préservent globalement l'équilibre écologique. Les plantes doivent présenter une certaine profondeur racinaire, une maturation rapide, une faculté de dormance durant la période sèche et une croissance correspondant à la période de disponibilité de l'eau. Dans les déserts tempérés on cultive ainsi

de tout temps des arbres fruitiers, tels que l'olivier, l'amandier, le figuier, l'abricotier, le pistachier ou le dattier. Actuellement, d'autres plantes adaptées à la sécheresse sont à l'étude, telles que le jojoba (*Ziziphus mauritiana* Lamk), des variétés de mil (*Pennisetum americanum* L.), des haricots (*Vigna unguiculata* L, *Vigna radiata* L) et le sésame (*Sesamum indicum*). Les semis sont répétés deux ou trois fois si nécessaire, parfois plus, de façon à ce qu'un nombre suffisant de graines semées parvienne à maturité. Ils sont menés sur une large surface à une certaine profondeur afin de bénéficier du maximum d'humidité et d'éviter une germination intempestive, à la suite d'une petite pluie. Les Hopi et les Zuñi, dans le sud-ouest des États-Unis plantent ainsi des variétés de maïs à une profondeur trois fois supérieure à celle habituellement adoptée dans les régions plus humides (VASEY, 1992 : 134). La densité des plantes est limitée afin de conserver l'humidité du sol et freiner l'évaporation. Une jachère labourée et désherbée est pratiquée, l'année suivant la jachère produisant presque deux fois plus que les années précédentes. Cette technique fait partie des agricultures rencontrées dans les steppes de l'ancienne Union soviétique, au Canada, dans les grandes plaines des États-Unis, en Australie et sur le pourtour méditerranéen. Soulignons qu'à l'encontre des thèses de BOSERUP, 1970, les jachères longues sont de peu d'utilité en zone aride et elles y sont rares.

Mais tout cela ne suffit pas. Il faut encore collecter et stocker l'eau, ralentir et concentrer les ruissellements, dévier l'eau des rivières ou plus souvent des oueds pour irriguer les champs, atténuer l'érosion du sol, diminuer l'évaporation, se protéger du vent et recharger la nappe phréatique. Les cultures mises en place favorisent à leur tour la rétention de l'humidité et la stabilité des sols. Chaque communauté a su mettre à profit son imagination, ses savoirs et les potentialités du milieu pour mener une agriculture prospère sous ces climats défavorables. En zone semi-aride, là où les pluies sont régulièrement réparties, l'objectif principal est de retenir les ruissellements et de freiner l'érosion des sols. Sur les pentes faibles (inférieures à 20 %), la construction d'obstacles filtrants peut être suffisante, qu'il s'agisse de haies, de rideaux d'arbres, de bandes de cultures, ou d'alignements de matériaux divers : branchages, résidus de culture, pierres. Mais dès que la pente est forte ou la pluviométrie franchement insuffisante, les paysans aménagent le terrain en disposant sur les versants des levées de terre, des gradins et des fossés ou toute autre structure destinée à collecter la moindre goutte des eaux de ruissellement. Ils dérivent et retiennent les eaux de crue au moyen de barrages, de diguettes, de canaux et de rigoles. Ils favorisent la condensation des brouillards sur des structures de pierres, tempèrent l'évaporation en couvrant la surface des champs et creusent des puits ou des galeries pour capter les eaux souterraines.

Ces techniques alternatives sont l'objet d'une abondante littérature depuis quelques années, en tout cas plus que pour d'autres milieux écologiques. Plusieurs auteurs ont tenté de dresser une classification de ces types d'agricultures, en fonction de l'origine de l'eau collectée (eau de surface, eau atmosphérique ou eau souterraine), du lieu où elle est utilisée (*in situ* ou sur des champs placés à quelque distance) et de son mode de stockage (directement dans la parcelle à cultiver ou dans des réservoirs à partir desquels les cultures



Paysan de Fogo, île du Cap-Vert.

© IRD/M. Dukhan

sont ultérieurement irriguées). Les auteurs anglo-saxons (CRITCHLEY *et al.*, 1994 ; PRINZ et MALIK, sd) réservent le terme *water harvesting* (collecte des eaux) à l'ensemble des techniques permettant de collecter et concentrer l'eau en milieu aride, précisant ensuite s'il s'agit d'eau de pluie (*rainwater harvesting*), d'eau de crue (*floodwater harvesting*), d'eau atmosphérique (*fog and dew harvesting*) ou d'eau souterraine (*groundwater harvesting*). Les termes *run off farming* ou *watertable farming* désignent ensuite l'usage agricole qui est fait de cette eau collectée. Nous avons, dans ce chapitre, suivi la classification la plus classique qui distingue :

- L'agriculture fondée sur la collecte des eaux de surface (*water harvesting*). Elle se rencontre dans les zones arides et semi-arides de tous les continents. La méthode qui caractérise ces types d'agriculture consiste à recueillir les eaux de pluie avant leur infiltration dans le sol et à les diriger là où elles doivent s'infiltrer pour alimenter les cultures. On en distingue deux groupes principaux qui seront traités en deux chapitres différents. Le premier utilise les eaux de pluie ruisselant sur des pentes plus ou moins fortes (*rainwater harvesting*) (chapitre 5), le second des cours d'eau temporaires ou des écoulements de ravines grossis par des pluies rares et soudaines, parfois violentes (*floodwater harvesting*¹) (chapitre 6). Les agricultures fondées sur le captage des eaux dans des cours d'eau permanents, non traitées ici, utilisent des techniques similaires. L'une et l'autre peuvent récupérer avec profit les sédiments charriés par les eaux de crue.

¹ Le terme *floodfarming* est parfois attribué à l'ensemble des systèmes qui utilisent soit l'eau de ruissellement, soit l'eau de crues saisonnières (Bryan, 1929).

- L'agriculture fondée sur la collecte des eaux atmosphériques, brouillards ou rosées matinales (*fog and dew harvesting*), encore appelées précipitations occultes. Elle est essentiellement appliquée sur les versants des montagnes côtières, là où les brumes matinales se condensent sur la végétation ou sur des capteurs artificiels. On y associe toutes les techniques permettant de modérer l'évaporation causée par les hautes températures et les vents desséchants (chapitre 7).
- L'agriculture fondée sur le captage des eaux souterraines (*groundwater harvesting*). Il s'agit de soutirer les eaux de la nappe phréatique, par capillarité lorsqu'elle est haute, au moyen de galeries drainantes ou de puits situés dans le champ lorsqu'elle est plus basse. Elle englobe tous les moyens destinés à utiliser les fines lentilles d'eau douce qui surnagent sur des eaux saumâtres (chapitre 8). Ce sont les cultures de bas-fonds en zone aride.

Les agricultures en zones arides s'inscrivent dans des modes extensifs ou intensifs et elles sont mises en œuvre sur des surfaces variables. Les trous ou cuvettes concernent un mètre carré ou deux ; les levées de terre en courbes de niveau humidifient quelques ares ; les *jessour* ou les aménagements des Zuñis concernent des lignes complètes de ravines ou des versants entiers. L'objectif majeur, dans ces régions à la climatologie instable, est de sécuriser les productions en profitant des années humides sans tout perdre en période de sécheresse. L'agriculteur ne calque donc pas ses décisions sur l'année moyenne mais profite souvent de la complémentarité des milieux, sur le même terroir, en cultivant des parcelles dans des milieux différents, de façon à minimiser les risques. Il adopte aussi des stratégies destinées à faire face au pire, quitte à produire moins en temps normal.

Cette section est tout entière consacrée à la collecte d'eau rare et occasionnelle, immédiatement accaparée pour l'agriculture en milieu aride. Les techniques de stockage des eaux de pluie (dans le sol, des bassins ou des citernes) et leurs méthodes de transport ne sont abordées que brièvement, de même que le grand groupe des terrasses qui retiennent aussi les sédiments. Les systèmes de stockage sont surtout présents en Inde et en Asie mais on les retrouve aussi en Amérique latine et en Europe. Ils permettent de conserver les eaux de ruissellement ou les eaux d'orages pour un usage ultérieur. En Chine, dans les régions arides couvertes de loess, ils sont construits à la sortie des ravins ; en Équateur, ils sont aménagés dans les cendres volcaniques du sous-sol. En Europe, les aiguiers du Vaucluse sont des bassins creusés dans la roche, en aval de vastes dalles de pierres, elles-mêmes creusées de sillons drainants (PIRENNE, 1978). Dans les régions semi-désertiques du sud-est de l'ancienne URSS on observe des séries de dépressions naturelles de un à douze hectares, appelées *padiny* (KOVDA, 1961). Occupant 5 % du territoire, elles emmagasinent l'eau de pluie et celle libérée par la fonte des neiges. Cette eau retenue dans les sols humifères et profonds est ultérieurement récupérée pour l'agriculture au moyen de puits. Des citernes ont également été construites dans le désert du Néguev, avant l'arrivée des Nabatéens, peuple caravanier à l'origine de la cité de Pétra. Creusées dans les collines, elles stockaient l'eau des violents orages, acheminée par une série de petits canaux et de barrages. On retrouve les mêmes assemblages dans le désert du Thar en Inde. Les *gochas* (voir chapitre 9, partie 3), peuvent aujourd'hui

d'hui encore servent de réservoirs naturels. Citons encore les *sahrij*, *khazzan*, *limans* (Soudan). L'existence des sédiments qui engorgent les réservoirs et diminuent leur capacité, est déplorée par toutes les administrations de ce type d'ouvrage. Pourtant, certains paysans en tirent profit et y récupèrent chaque année un volume substantiel de sédiments fertiles. Les systèmes de transport sont aussi très variés mais nous ne traitons que le cas des galeries drainantes (*ganât*, *khettara* et *foggara*), spécifiques des zones arides. Le groupe des terrasses est universel et bien documenté. Seules sont incluses ici les terrasses de pentes spécifiquement conçues pour ralentir et stocker les ruissellements.

Enfin, un grand nombre de structures issues des agricultures préindustrielles sont aujourd'hui des ruines dont on ignore l'usage exact. Par exemple, l'interprétation des *hoyas*, dépressions arrondies ou rectangulaires encore visibles sur le littoral péruvien, varie selon les auteurs : bassins naturels recreusés de façon à atteindre par capillarité la nappe souterraine (OJEDA ENRIQUEZ, 1987) ou bien réseau de digues destiné à maîtriser les crues d'une rivière proche (KNAPP, 1982). Une lecture attentive permet d'ailleurs de penser que les deux explications sont recevables, mais pour des vestiges différents et contigus.

Les populations établies dans ces régions arides présentent aussi une organisation sociale appropriée qui leur permet de mobiliser facilement la force de travail nécessaire à la mise en œuvre des aménagements et de régler sans trop de conflits la juste distribution de l'eau. La survie dans les milieux arides repose bien souvent sur une grande solidarité entre les membres d'une même communauté, sur une gestion collective des ressources, sur l'entraide et les échanges qui permettent de franchir le cap des mauvaises années et parfois sur une autorité centrale forte, capable d'organiser les travaux et de garantir les droits sur le sol et, plus que tout, sur l'eau. Pour la plupart, elles partagent les mêmes intérêts et présentent un haut degré de cohésion sociale. Dans certaines régions, l'agriculture vient en complément de l'élevage qui reste l'activité majeure. Mais des civilisations importantes d'agriculteurs sont nées dans les zones arides, telle que l'Égypte, la Mésopotamie, l'Amérique centrale ou le nord de la Chine. On parle à leur propos de civilisations hydrauliques, car elles reposent sur une excellente maîtrise technique et sociale de l'eau.

L'agriculture au Sénégal.



© IRD/J.-L. Maeght



© IRD/J. Laure

Champs sur l'Altiplano bolivien.

L'adéquation parfaite entre le milieu, l'homme et le type d'agriculture n'est jamais définitive dans la mesure où l'environnement se transforme progressivement sous l'effet des activités humaines en général et de l'agriculture en particulier. La salinité du sol s'aggrave au cours de l'irrigation, les canaux s'ensablent et les impluviums se fissurent. Les conflits armés, les migrations et la diffusion des plantes entraînent également des changements culturels et des transformations des systèmes agricoles. Un exemple de ces mutations conjointes est fourni par les populations du Néguev qui ont géré durant plusieurs siècles un environnement en constante évolution (EVENARI *et al.*, 1982).

Le transfert de ces technologies se heurte donc à des contraintes techniques, mais aussi à des contraintes sociales tant il est vrai que toutes ces agricultures correspondent à une adéquation locale et singulière entre un milieu, une société et une époque. Une technique qui nécessite une bonne coopération entre les membres d'un groupe ne peut pas être transférée, par exemple, là où la gestion sociale repose sur l'individualisme ou lorsque coexistent des communautés hétérogènes grossies par une émigration récurrente. La place de l'agriculture au sein de la société a changé et si certains paysans continuent d'innover pour garder la possibilité de vivre sur leurs terres, d'autres font le choix d'une autre vie. Il faut aussi en tenir compte.

Collecter les pluies

**Lignes d'oliviers
dans un champ de blé au Maroc.**



© IRD/S. Roussel

Recueillir les gouttes d'eau quand elles ruissellent sur les pentes, les diriger en un mince filet vers les zones de culture puis les forcer à s'infiltrer près des racines des plantes, voilà le but de tout un ensemble de techniques culturelles mises au point par les paysans des zones arides. Elles sont regroupées sous le terme de collecte des ruissellements (*rainwater harvesting* en anglais). L'expression désigne le fait de recueillir les pluies qu'elles soient retenues *in situ* ou déviées vers des zones de culture adjacentes, qu'elles soient immédiatement utilisées dans les parcelles cultivées ou dirigées vers des réservoirs. Néanmoins, la majorité d'entre elles cumulent les trois fonctions de recueil, de transport et de stockage dans le sol pour un usage immédiat bien que la distinction soit souvent difficile à faire tant ces méthodes sont variées et adaptées aux conditions locales. Les méthodes de collecte des eaux de pluies ont été utilisées avec succès par les plus anciennes agricultures du monde (Chine et

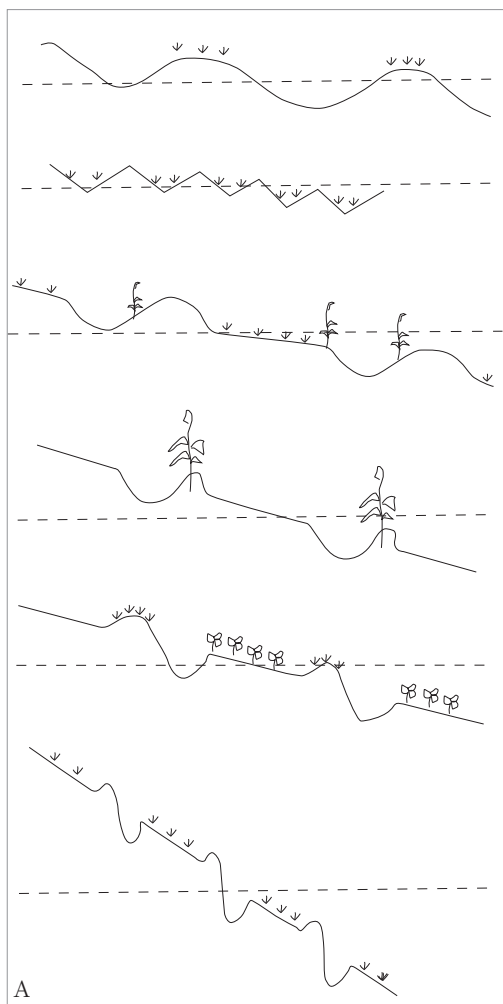
Moyen-Orient) et se retrouvent, à une époque ou une autre, dans de nombreux pays : Afghanistan, Australie, Botswana, Burkina Faso, Égypte, Inde, Iran, Israël, Kenya, Mexique, Mali, Niger, Pakistan (désert du Thar), Soudan et dans la vallée du Nil avant la construction du barrage d'Assouan. Elles sont efficaces, économiques et très diversifiées. Leur classification est malaisée à établir mais elles peuvent se grouper en grandes catégories, des plus simples jusqu'aux plus compliquées, en passant par de nombreux types intermédiaires.

Les obstacles de pente, filtrants ou absolus

Les plus simples sont les obstacles filtrants placés en travers de la pente, en lignes discontinues ou continues. Ils laissent passer l'eau qui ruisselle sur la pente, mais la freinent et l'étalent en nappe. Ils provoquent la sédi-

mentation et retiennent les colluvions, les débris végétaux et organiques qui, à l'amont, finissent dans certains cas par former une mince bande de sol fertile. Avec le temps, le profil du terrain se modifie, les ruissellements sont ralentis et les eaux se concentrent. Les paysans adoptent tout d'abord des techniques de culture en rangs ou en étages. Les premières alternent sur des pentes très faibles des rangs d'herbacées ou de sol nu et des rangs de plantes cultivées. Les secondes associent des arbres fruitiers et des herbacées au sol de façon à créer, comme dans les oasis, un microclimat qui condense et retient les eaux de pluie quand elles surviennent. Ces techniques ont été particulièrement bien développées dans les grandes plaines de loess du nord de la Chine, (SHENGXIU et XIAO LING, 1992) mais on les retrouve aussi en Afrique (Sierra Leone, Kenya, Rwanda), en Inde, au Népal, en Papouasie Nouvelle-Guinée, sur le pourtour méditerranéen et en Amérique. Il n'y a aucun aménagement du terrain mais plutôt une organisation des cultures.

On peut ensuite utiliser différents matériaux pour construire des obstacles filtrants placés en travers de la pente, en lignes continues ou discontinues, en courbes de niveau ou non. Il peut s'agir d'amas de broussailles, de branchages ou de résidus de cultures précédentes (tiges de maïs ou de céréales), renouvelés après chaque récolte ou laissés en place plusieurs années de suite. Un exemple, parmi des centaines d'autres, est donné par les fermiers du Mbere à l'est du Kenya (KAYOMBO *et al.*). Des tiges de mil et de sorgho, peu attractives pour le bétail et se décomposant lentement, sont entassées et dessinent des lignes en travers de la pente, sans suivre un schéma particulier. Elles laissent passer l'eau, retiennent un peu de terre et enrichissent le sol. La pierre est un matériau fréquemment utilisé pour construire ces obstacles de pentes. Les cailloux sont juxtaposés ou empilés en un mince cordon qui s'étend parfois sur des kilomètres. Dans les régions arides de l'Ader Doutchi Maggia (Niger), elles se nomment *gandari* et ont également une fonction de réhabilitation des terres dégradées en piégeant le sable transporté par le vent du désert (harmattan) (REIL, 1990). Au Mali, les Dogon les alignent côte à côte en travers de faibles pentes pour ralentir les ruissellements, piéger les débris végétaux et augmenter l'infiltration de l'eau (KASSOGUÉ *et al.*, 1990). On les rencontre aussi sur le pourtour méditerranéen (Italie, Grèce, Espagne, Syrie), en Afrique subsaharienne (Burkina Faso, Cameroun, Mali), en Afrique



Quelques exemples de fossés et gradins aménagés sur pente
(d'après CRITCHLEY *et al.*, 1994).

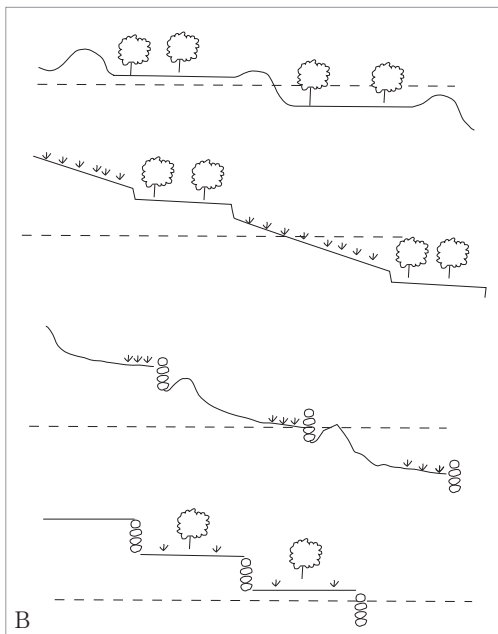
orientale (Éthiopie, Rwanda) et sans doute ailleurs dans le monde. Sur les pentes fortes, ces lignes se transforment en petits murets aux profils variés. Les plus simples sont uniquement constitués d'un amoncellement de pierres plus ou moins plates. Les diguettes filtrantes, installées en lignes continues, sont généralement dotées d'une base large, formée d'un appareillement de grosses pierres, et d'un sommet étroit constitué de pierres plus petites de façon à former un filtre. Leur hauteur varie en fonction de la topographie des lieux et des pratiques locales. Elles sont parfois constituées d'un cœur de cailloux fins recouvert de pierres plus grosses qui protègent ces derniers. L'eau de ruissellement et le sol érodé sont partiellement retenus à l'amont,

l'excédent d'eau s'écoulant au travers des pierres pour inonder le terrain en aval sans emporter le muret.

Les aménagements en pierres sont économiques (on récupère les cailloux retirés des parcelles), relativement faciles à construire, aisément réparés lorsqu'ils sont endommagés par de fortes pluies et universels dans les zones arides et montagneuses. Destinés à freiner les eaux de ruissellement ou à les collecter, ils retiennent aussi un peu de sédiments et entraînent la formation de petites terrasses en amont, comme on le verra plus loin. Néanmoins, les lignes de pierre ne se transforment pas systématiquement en murets soutenant des terrasses car il s'agit bien souvent de deux traditions techniques différentes (HALLAIRE, 1988).

Alors que les obstacles filtrants favorisent la rétention des ruissellements, certains aménagements les forcent à se concentrer et à s'infiltrer en plaçant des obstacles absolus en travers de la pente. Le profil de celle-ci, qu'elle soit faible ou prononcée, est alors modifié en élevant des banquettes de terre permanentes en courbes de niveau (ou isohypses) ou en creusant des fossés. Là encore, le profil varie considérablement en fonction de la pente, du type de sol, des espèces cultivées et des habitudes locales. On en trouvera quelques modèles sur la figure A parmi tous ceux que l'on peut observer dans les zones arides du monde. Les aménagements sont très fréquents dans tout le nord de l'Afrique et, d'une façon générale, autour du bassin méditerranéen (HEUSCH, 1986). L'un des modèles les plus achevés est le *fanya juu* construit par les Kambas du Kenya. La banquette est longue à l'aval par un fossé qui retient les eaux, la banquette retenant elle-même les écoulements et le sol. Les cultures, généralement des céréales, sont pratiquées entre les banquettes protégées de l'érosion par des fruitiers plantés juste avant le fossé. Le bétail, en général, hésite à franchir ces levées de terre suivies d'un fossé (MAINGUET, 1994). Tous ces systèmes stockent les ruissellements et les sédiments ; ils rechargent aussi la nappe phréatique. Il est toutefois nécessaire de bien entretenir les fossés afin d'éviter leur engorgement menant à la création ultérieure de ravines et de réparer régulièrement les banquettes endommagées. Les aménagements de pente favorisent la formation progressive de terrasses nivelées, comme dans le modèle *fanya juu*, à moins que celles-ci ne soient construites intentionnellement.

Plutôt adaptées aux zones montagneuses dans le but d'aménager des surfaces planes pour les



Quelques exemples de terrasses aménagées sur pente (d'après CRITCHLEY *et al.*, 1994).

cultures, les terrasses nivelées sont aussi destinées, dans les pays arides, à retenir les ruissellements. Nées en Chine il y a plus de 3 000 ans, elles se sont répandues dans tout le bassin méditerranéen où elles sont actuellement fréquentes. Il en existe plusieurs modèles sur la figure B. Le plus rudimentaire est constitué de planches planes et étroites alternées sur une pente raide avec des bandes non cultivées ; d'autres s'associent à des talus. Les terrasses nivelées peuvent être soutenues par des murets de pierre, ce qui permet d'élargir la planche de culture. La construction des murets est plus efficace sur des pentes prononcées, bien que l'on puisse les édifier sur des sols à faible pente. Ces diguettes filtrantes sont aussi plus performantes que de lourds murs en béton, de coût élevé et emportés par les eaux d'orages violents. Au sud-est des États-Unis et dans le Chihuahua au nord du Mexique, les murets de pierres sont disposés de façon parallèle et concentrique autour d'une colline. Leur fonction principale reste la retenue des eaux de ruissellement. Elles sont particulièrement fréquentes autour du bassin méditerranéen, en Chine, en Indonésie, au Pérou et dans toute l'Amérique andine. On les retrouve dans les régions montagneuses et arides du Cap-Vert (*Murets en courbe de niveau au Cap-Vert*) ou au Mali.

Trous et modèles à petits impluviums

Un autre groupe réunit les agricultures qui se présentent comme une succession de petites unités comprenant chacune son aire de capture et son aire de culture. Elles offrent une grande variété de formes et de profils mais se caractérisent par une aire de capture de taille réduite, inférieure à 1 000 m² (*microcatchment*). Ce groupe comprend les trous cultivés et l'alternance d'impluviums avec des zones de culture délimitées par des structures discontinues de terre ou de pierre. Les cuvettes et les structures à impluviums sont souvent associées.

La technique des trous (ou poquets) est très ancienne et rappelle, une fois encore, que les premiers agriculteurs ont sans doute copié la nature. En effet, les plantes des climats arides ont tendance à s'installer en premier lieu dans les anfractuosités des rochers, les crevasses et tous les petits trous où l'eau se concentre. Ce mode de culture consiste donc à creuser un trou dans lequel les maigres eaux de pluies s'accumulent et s'infiltrent lentement. Un simple trou peut être employé sur une pente inférieure à 20°, mais sur des pentes plus fortes, il s'accompagne d'un petit bourrelet de terre en aval. La taille de la cuvette varie selon le type de plante à cultiver mais elle n'est jamais très importante. Outre l'eau, la cuvette retient les particules de terre ou les débris organiques, contribuant à former un lit fertile pour les plantes, à l'abri du soleil et du vent. Ce microclimat humide et protégé permet aux plantes d'attendre les prochaines pluies. La culture en trous se rencontre en Chine où elle est apparue il y a près de 2000 ans (*Les cultures en trous au nord de la Chine*), en Afrique subsaharienne et dans certains pays d'Amérique latine. Au Guatemala, cette technique permet actuellement d'irriguer des vergers. Certains modèles comme le *zai* africain sont très sophistiqués et associent des méthodes de réhabilitation et de fertilisation des terres. Une variante a été introduite il y a quelques décennies au Niger par des migrants haussa qui l'ont observée au Nigeria. Elle s'étend dans les régions dégradées du Djenne-Sofara, au Mali, où il semble qu'elle soit ancienne (REIJ, 1990). Une autre variante, le *matengo*, s'observe en Tanzanie où elle a permis aux populations locales de survivre. Les cultures sont dans ce cas pratiquées sur des bourrelets enrichis ceinturant la cuvette. Enfin, signalons que les paysans mossi installent leurs cultures *zai* près d'un *bouli*, sorte de cuvette creusée au bas d'un

glacis qui accumule les eaux de ruissellement avant qu'elles ne soient redistribuées aux champs cultivés.

Les structures à petits impluviums sont constituées de levées de terre (ou de murets) divisant le champ en plusieurs zones de culture, parfois réduites à un seul trou, et d'un petit impluvium, sol nu collectant les ruissellements. Dans tous les cas la surface de captage doit être au moins égale au double de la surface cultivée et les deux composants ne doivent pas être éloignés de plus de 100 m (BOERS et BEN-ASHER, 1982). Il en existe de nombreux modèles, le plus souvent placés en courbes de niveau et en quinconce, le tout ressemblant, vu de haut, à un échiquier vert et blanc. Les levées de terre ont la forme de demi-lune, de triangle ou de demi-rectangle, dont les extrémités sont protégées par des pierres pour éviter leur érosion par les eaux de débordement (www.fao.org/docrep/T11765F/t1765f0q.htm). Un arbre ou quelques plants de céréales sont cultivés dans chaque petit bassin qui leur est associé. Certaines levées ont la forme d'un peigne dont les dents sont tournées vers l'amont (*teras*), d'autres celle de losanges accompagnés d'un trou de culture (*negarim*). Les *meskat* ont une forme rectangulaire et utilisent un seul impluvium pour plusieurs zones de cultures étagées. Le *gawan*, aménagé sur les terres presque plates de Somalie, est constitué de diguettes qui divisent le champ en série de bassins fermés, selon des schémas variés. L'eau ruisselle sur les terrains d'amont puis est retenue par la levée de terre, les excédents s'écoulant par gravité d'un bassin à l'autre. Ces aménagements sont généralement réalisés progressivement, en fonction de la main-d'œuvre disponible, au niveau familial ou collectif. Au fil des ans, des réseaux complexes de parcelles endiguées par des banquettes de terre sont ainsi créés. Pour les achever en une seule fois, il faut pouvoir disposer d'une main-d'œuvre abondante et bon marché comme ce fut le cas de l'État marocain qui fut à même de réhabiliter les banquettes du Rif en employant des chômeurs.

Modèles à larges impluviums

Ces modèles utilisent des aires de captures de grande dimension, supérieures à 1 000 m² (*macrocatchment*) à partir desquelles l'eau est dérivée vers des surfaces placées en contrebas.

Le simple fait de placer un champ de culture au bas d'une pente peu perméable qui favorise les écoulements et joue le rôle d'un impluvium

naturel, permet de collecter l'eau des faibles pluies. Si celles-ci sont importantes, survenant en averses saisonnières, ces parcelles emmagasinent de grandes quantités de pluies. Lorsque ces parcelles sont placées à la sortie d'un exutoire naturel et captent donc les eaux de torrents éphémères elles suivent le modèle *akchin* traité dans le chapitre 6. La distinction, avouons-le, est toute didactique. Il existe toutes sortes de structures élaborées pour retenir les ruissellements de bas de pente. Ils vont de l'encadrement du champ par des levées de terre à la construction d'un petit mur de retenue. Toutes les surfaces dont le sol est peu perméable permettent aux pluies de s'écouler en flux continu qu'il suffit de diriger vers des champs. Ainsi, les routes sont souvent utilisées comme impluvium et les ruissellements qu'elles concentrent sont déviés par des drains vers des zones de culture adjacentes, parfois réduites à une simple cuvette où un arbre est planté. Ces drains de route sont très fréquents en Arizona, au Mexique ou en Ouganda (CRITCHLEY *et al.*, 1992 ; KIRKBY, 1973).

Un autre type de structures à larges impluviums est celui du barrage de pente dont le modèle est le *tabiâ* tunisien. On le retrouve en Amérique latine sous le nom de *trincheras*. Ce sont de hauts murs de pierres, ou de terre, qui barrent la pente à intervalles réguliers. La pente est dénudée de façon à favoriser l'écoulement des ruissellements qui entraînent des sédiments, les uns et les autres étant ensuite arrêtés par le barrage. À leur base, là où la terre est la plus profonde et l'humidité la plus abondante, on cultive des arbres fruitiers ou d'autres plantes. Dans certaines régions, ces barrages favorisent la condensation de l'eau atmosphérique. Ils peuvent aussi être utilisés pour provoquer l'accumulation de grande

quantité d'eau, stockée *in situ* puis ultérieurement dirigée vers des zones de cultures. C'est, par exemple, l'irrigation *liman* en Israël (BRUINS *et al.*, 1986).

À côté de ces méthodes simples, il existe des aménagements complexes comprenant de vastes impluviums en amont, créés par les hommes, et des cuvettes en fond de vallée où les écoulements sont recueillis et stockés dans un sol cultivé. Les agriculteurs mettent ainsi en relation les différents composants naturels d'un terroir afin de créer les conditions favorables à l'agriculture. Le transport de l'eau à partir des impluviums est assuré par des goullets naturels ou des séries de drains et de canaux. L'utilisation de l'eau stockée dans le sol est immédiate ou différée jusqu'à la saison sèche. Ces modèles auraient pu trouver place dans le chapitre suivant car les eaux sont torrentielles et leur utilisation est différée. Ils font partie de ces systèmes intermédiaires qui s'inscrivent le long d'un continuum entre plusieurs catégories individualisées : ici l'agriculture fondée sur la collecte des eaux de ruissellement, l'agriculture fondée sur la gestion des eaux torrentielles et aussi l'agriculture de bas-fonds. Le modèle plus abouti est le *khadin* du Rajasthan.

Bien que tous ces systèmes aient fait depuis longtemps leurs preuves, il n'est pas certain qu'ils puissent être appliqués dans toutes les régions arides. Ils sont économiques mais très coûteux en main-d'œuvre et en temps d'entretien. De plus, ils reposent sur des savoirs et des expériences précis qui ne sont plus nécessairement transmis d'une génération à l'autre. Certains font encore vivre des milliers de personnes, d'autres disparaissent peu à peu. Nous en verrons, plus précisément, quelques types représentatifs.

Les murets en courbes de niveau du Cap-Vert

Nomenclature

Les murets en courbes de niveaux sont, comme leur nom l'indique, des murets de pierres sèches relativement bas, construits en courbes de niveau sur toute la pente d'un versant et séparés par des bandes étroites de terre cultivée. Lorsque celle-ci est nivelée, on parle de terrassement de pente, ce qui est le plus fréquent au Cap-Vert. Ils permettent de récupérer des sols plats dans un pays qui en compte peu, de freiner les eaux de ruissellement sans vraiment les collecter et de retenir les sédiments.

Localisation géographique

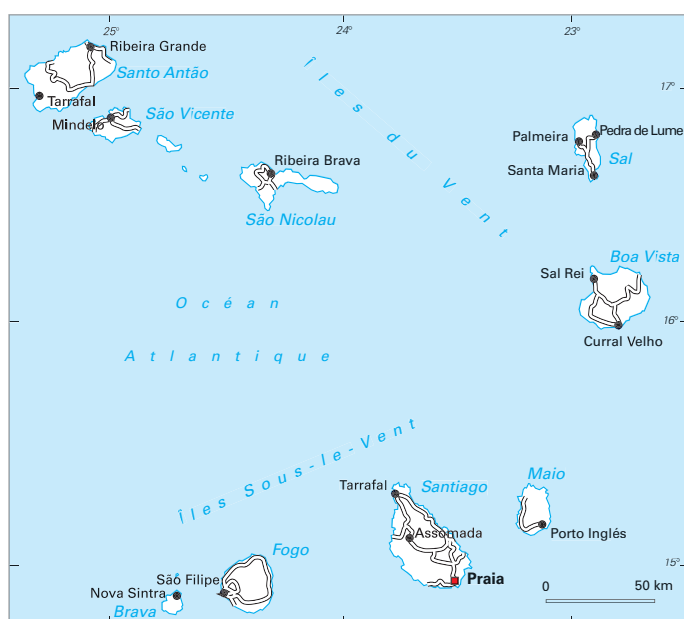
On les retrouve dans les régions montagneuses et arides du Cap-Vert. Cet archipel, compris dans la zone sahélienne ouest-africaine, est situé à 450 km au large des côtes du Sénégal et de Mauritanie. Il est caractérisé par un milieu aride aux ressources hydriques rares, aux pentes fortes et au sol volcanique desséché par les hautes températures ou les vents (alizés, harmattan et moussons). Il comprend neuf îles volcaniques habitées au relief varié, certaines étant très accidentées, d'autres assez basses. Santiago accueille la moitié de la population, estimée au total à 432 000 habitants. La densité de cette population essentiellement rurale est élevée (100 hab./km²). Le climat aride et semi-aride, tempéré par la présence de l'océan, présente peu de variations annuelles. On distingue une longue saison sèche et une saison pluvieuse courte entre juillet et octobre durant

laquelle les pluies parfois diluviennes arrachent le sol des fortes pentes (40 % à 70 %). La pluviométrie annuelle, de 150 à 300 mm (600 mm en altitude), est très variable d'une année à l'autre. Un phénomène de précipitations occultes survient sur les sommets. Les années de sécheresse sont fréquentes et entraînent régulièrement de graves famines. Les sols peu profonds et caillouteux contiennent peu de matière organique et sont fréquemment balayés par des vents violents.

On rencontre aussi les murets en courbes de niveau sur le pourtour méditerranéen (Italie, Grèce, Espagne, Syrie), en Afrique subsaharienne (Burkina Faso, Cameroun, Mali) et en Afrique orientale (Éthiopie, Rwanda).

Conduite technique

Les murets couvrent plus de 2 000 km sur toutes les îles, dans les zones d'agricultures



L'archipel du Cap-Vert et ses neuf îles volcaniques.

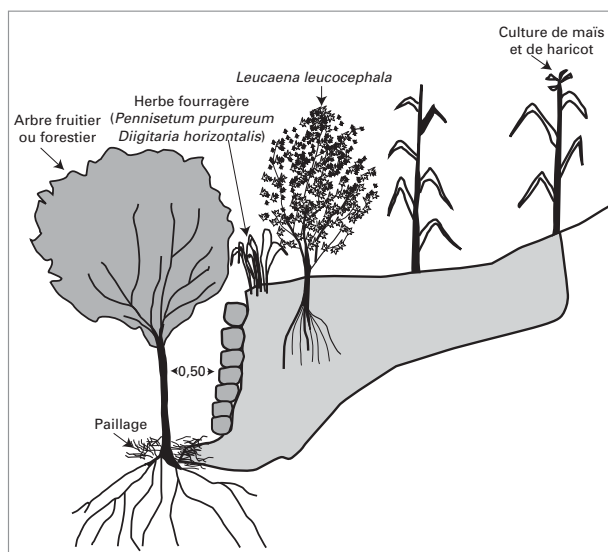
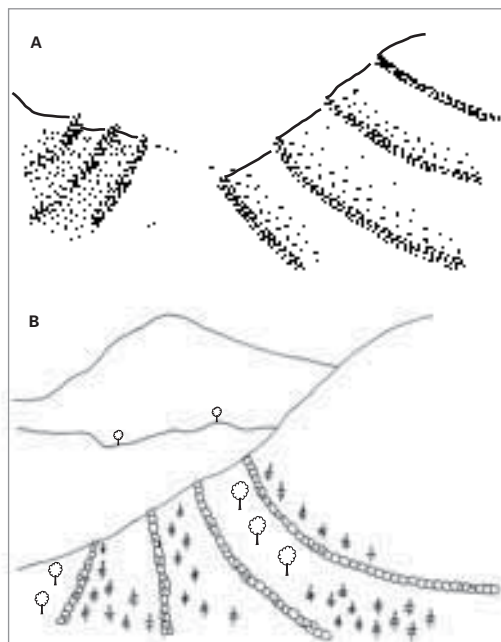


pluviales arides. Leurs fondations sont constituées d'un appareillage lâche de grosses pierres, tandis que la partie supérieure est faite de pierres plus petites capables de retenir les sédiments. De cette façon, l'eau de ruissellement et le sol érodé sont partiellement retenus à l'amont tandis que les excédents s'écoulent au travers des pierres pour inonder le terrain en aval, sans emporter le muret. Toutes les parcelles sont ainsi baignées par les eaux de ruissellement s'écoulant d'amont en aval, parfois très brutalement. Les parcelles, toujours étroites, sont bientôt nivelées par l'accumulation de sédiments derrière les murets. Ces derniers font merveille sur des pentes prononcées bien que l'on puisse aussi les édifier sur des sols à faible pente.

La culture du maïs prédomine, avec celle du haricot, mais on cultive aussi des produits vivriers éventuellement commercialisables, tels que le manioc, la patate douce, le pois d'Angole (*Cajanus cajan*) et les pommes de terre sur les terres plus humides d'altitude ainsi que des légumes, des bananes et des cannes à sucre en fond de vallée, souvent sur des parcelles irriguées.

Histoire et société

L'histoire du Cap-Vert commence en 1460 avec la découverte de l'archipel par les Portugais. Ces îles, qui n'ont apparemment pas été peuplées auparavant, se développent rapidement en raison de leur position stratégique sur les voies maritimes et dans le commerce triangulaire.



Aménagement végétal de murettes isohypses (d'après BARRY *et al.*, 1995 b).

laire des esclaves. Des hommes venus d'horizons différents, mais surtout d'Afrique, s'y installent. Durant tout le xvi^e siècle on importe du mil (*Pennisetum glaucum*) et du millet (*Sorghum bicolor*) à partir des côtes guinéennes, pour nourrir les populations africaines locales et les esclaves en transit. Cependant, une crise économique importante chasse progressivement les marchands de l'archipel. La population pauvre et vulnérable restée presque seule sur les îles se replie à l'intérieur des terres pour y mener un élevage et une agriculture de subsistance, totalement inadaptés à des conditions climatiques et topographiques qu'elle connaît encore mal. Elle défriche les fortes pentes, sans aménagements préalables. Dès lors, à côté des importations, les céréales commencent à être cultivées sur place, ainsi que le coton qui représente un excellent objet d'échange dans le commerce triangulaire, si bien qu'au début du xvii^e siècle, le Cap-Vert produit malgré tout l'essentiel des aliments nécessaires à la population. Plus tard, le mil est remplacé par le maïs, également cultivé localement. L'introduction de cette agriculture, couplée à celle de l'élevage de chèvre est dramatique pour l'environnement fragile des îles. Les activités agricoles sur pentes et le

Lignes de pierres en courbes de niveau :
a) terrasses nivelées ;
b) terrasses non nivelées.



© É. Roose

surpâturage contribuent à la disparition progressive de la végétation déjà maigre tandis que l'approvisionnement en bois détruit irrémédiablement le couvert forestier. Le Cap-Vert devient une terre désertifiée. De graves sécheresses déciment périodiquement des communautés oubliées du pouvoir colonial portugais, survivant déjà péniblement dans un environnement dégradé. Celles qui sont survenues entre 1947 et 1949 ont entraîné une grave famine et des milliers de morts.

En 1975, le Cap-Vert accède à l'indépendance et les communautés résidentes prennent leur avenir en main. L'une des premières mesures arrêtées par le nouveau gouvernement est de lancer de grands programmes de développement agricole, fondés sur des mesures de protection du sol et de l'eau. D'emblée, l'État fait de la lutte contre l'érosion et le manque d'eau un axe majeur de sa politique agricole. C'est dans ce cadre que se sont développés les murets en courbes de niveau, bien qu'ils aient été utilisés auparavant avec succès, à plus petite échelle. Aujourd'hui, plus de la moitié des terres cultivables sont pourvues de moyens de protection du sol. À côté des murets en courbes de niveau retenant des terrasses étroites on observe aussi des diguettes en gabions qui coupent les torrents, des banquettes anti-érosives ou de simples levées de terre (*levadas*) permettant d'aménager de petites terrasses parfois bordées de haies vives ainsi qu'un paillage de tiges de maïs sur la majorité des parcelles. Les méthodes de

Île São Vicente à 800 m d'altitude. Essai de valorisation de terrains volcaniques très riches dans un milieu semi-aride, sur des pentes de 40 à 70 %. Pour améliorer les rendements, un projet a été développé qui consiste à planter des haies vives en courbes de niveau et à couvrir le terrain de paillage pour protéger la terre.

conservation traditionnelles se conjuguent à des techniques plus modernes et les projets de reforestation sont nombreux. Si l'État entreprend et subventionne de nombreux aménagements, un grand nombre d'entre eux sont menés spontanément par les paysans eux-mêmes, conscients des mérites de ce mode cultural et maintenant soucieux de préserver leur environnement. Ainsi, on peut observer un nombre croissant de murets soutenant d'étroites terrasses, souvent améliorés sous l'impulsion des projets de développement. Malgré tout, les revenus des habitants n'ont guère augmenté, les rendements des cultures restent bas et les versants sont peu stabilisés. La majorité des exploitations, de petite taille (moins de 2 ha), subviennent à peine à leurs propres besoins. La population, en pleine croissance démographique, est pauvre et fait face à une perte de cohésion sociale. L'émigration est importante et assure à ceux qui restent quelques revenus monétaires.



© É. Roose

Depuis une dizaine d'années, le pays tente d'établir des systèmes agricoles stables et plus performants, tout en continuant à mener des pratiques de conservation du sol et de l'eau, afin de nourrir la population, d'augmenter les revenus des paysans et de diminuer l'exode.

Les paysans plantent du maïs dont ils récoltent les fanes pour le bétail et, deux ans sur trois, ils obtiennent 1 000 kg de grains par hectares. Les photos montrent la situation en saison sèche et en saison des pluies.

Références

BARRY *et al.*, 1995 a, 1995 b ; CHEVALIER, 1938 ; FERLIN, 1979 ; HAAGSMA, 1990 ; KLOOSTERBOER *et al.*, 1989 ; LESOURD, 1992 ; MADEIRA SANTOS et FERRAZ TORRÃO, 1998 ; MANNAERTS et GABRIELS, 2000 ; SMOLIKOWSKI *et al.*, 1998.
http://www.unccd.int/actionprogrammes/africa/national/2000/cape_verde-fr.pdf

Nomenclature

Le terme *fanya juu* désigne un système de collecte des eaux de ruissellement fondé sur la construction de banquettes en courbes de niveau flanquées d'un fossé en aval. Le terme signifie « jeter la terre à l'amont » chez les Kambas (ou Akambas) du Kenya. Au fil du temps, ces banquettes retiennent les sédiments et aboutissent à la formation de terrasses nivelées.

Localisation géographique

Le modèle *fanya juu* a été observé et décrit chez les Kambas du Kenya¹, dans le district Machakos situé au sud-est de Nairobi. C'est une région très montagneuse et aride dont le centre, culminant à près de 2 000 m est entouré d'un vaste plateau qui s'incline doucement vers le sud-est, passant de 1 700 m à 700 m d'altitude. La pluviométrie annuelle oscille entre 600 mm et 1 500 mm selon l'endroit et l'altitude. Les pluies surviennent entre mars et mai puis, de façon plus courte, en novembre et décembre. Elles restent très variables et insuffisantes pour assurer les récoltes de maïs. Les sols sableux sont pauvres en azote, phosphore et matières organiques. La densité de population varie de 100 hab./km² dans les régions les plus sèches à 400 hab./km² dans les régions les plus humides. Le modèle *fanya juu* est aussi utilisé dans le district Makueni, au nord-est, sur des pentes douces, pour retenir les eaux de ruissellement.

Des systèmes similaires se retrouvent en Éthiopie, en Tanzanie, en Ouganda, au Mali, au Sénégal, au Burkina Faso et en Inde

Conduite technique

Un fossé est creusé en courbe de niveau et la terre extraite est jetée à l'amont de façon à adoucir la pente et à former un bourrelet. C'est cette façon de rejeter la terre vers l'amont et non vers l'aval qui caractérise le *fanya juu*. La terre et les ruissellements sont retenus par la banquette, les excédents débordent dans le fossé d'aval puis sont dirigés vers d'autres terrasses. Les banquettes sont protégées par des plantations d'herbes fourragères. Les cultures sont installées sur les terrasses étroites et non nivelées. Au cours du temps, l'érosion tend à changer le profil de la pente

qui s'aplanit progressivement. Une nouvelle tranchée est alors creusée entre deux fossés précédents. L'érosion continue son œuvre, les terrasses se nivellent et on procède éventuellement au creusement de nouvelles tranchées entre les précédentes. À terme, les fossés sont espacés de deux mètres environ et bordent des terrasses presque nivelées. Des arbres fruitiers sont alors plantés juste avant le fossé d'aval pour retenir les banquettes. L'aménagement *fanya juu* réclame beaucoup de main-d'œuvre, mais, une fois installées, les banquettes sont relativement stables et réclament peu de travaux de maintenance. La technique présente quelques désavantages : outre le coût en main-d'œuvre au moment de la construction, l'absence de labour entre les bourrelets favorise la croissance des mauvaises herbes et la survenue des rongeurs ; un excès d'eau est parfois constaté avant la levée de terre. Autrefois centrée sur le sorgho et le mil, l'agriculture se tourne vers le café, le maïs, les haricots et le maraîchage (tomates et divers légumes). Outre les *fanya juu* les paysans emploient d'autres méthodes de conservation de l'eau et du sol telles que des lignes de résidus de culture et un paillage de tige de maïs.

Histoire et société

Le Kenya, qui abrite les restes les plus anciens de l'humanité, est aujourd'hui une mosaïque de groupes ethniques résultant de migrations successives dont la première, issue de la corne de l'Afrique, date de près de 5 000 ans. Ces migrants ont pratiqué l'agriculture comme en témoignent les vestiges d'aménagement hydrauliques mis au jour. Il y a 2 000 ans, les Couchites arrivèrent puis, à partir du premier millénaire de notre ère, ces populations voient s'installer les peuples bantous (Kikuyu, Luthyas et Kambas). Plus tard, des groupes

¹ Référence de *Ileia newsletter*.



Le *fanya juu* est une agriculture d'altitude dans la région de Machakos.

extensive sur brûlis comme elle en avait l'habitude. Beaucoup de paysans doivent travailler sur les plantations anglaises pour survivre. C'est alors que surviennent de nouvelles sécheresses, dans les années 1930. La défo-

restation, les pratiques agricoles mal adaptées, le surpâturage et l'impossibilité d'étendre les terres ont entraîné une dégradation dramatique du sol et une extrême pauvreté des communautés locales.

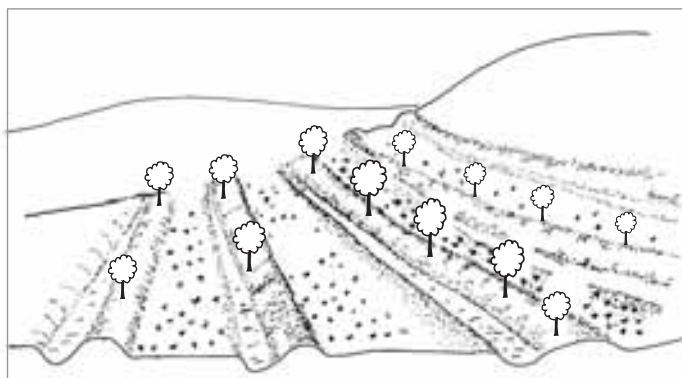
d'éleveurs nilotiques, dont les Massai, s'installent et enfin des communautés arabes, les Swahili, s'implantent sur les côtes. Les paysans de ce pays, encore couvert d'îlots agricoles à la fin du XIX^e siècle, ont connu les razzias des guerriers massai, les spoliations foncières de la colonisation britannique décidée à faire du Kenya une « terre blanche », les guerres puis, après la Seconde Guerre mondiale, le développement des agricultures commerciales (café et thé) avec ses expulsions de petits métayers et ses révoltes. Finalement, le pays accède à l'indépendance en 1963.

Les Kambas, l'une des nombreuses ethnies qui peuplent le Kenya, arrivent dans la région montagneuse de Machakos au XVII^e siècle. Ils pratiquent l'élevage, une agriculture sur défriche brûlis relativement prospère et échangent l'ivoire, le miel ou les armes avec les Kikuyu et les Massai. À la fin du XIX^e siècle, une série de sécheresses, alliées à des épidémies entraînent de grandes famines et la disparition de près de 75 % de la population. À la même époque, l'administration coloniale anglaise, alors en pleine expansion, interdit aux survivants de quitter leurs terres traditionnelles, dévastées par les sécheresses. La population, malgré tout en pleine croissance, se voit contrainte dans les réserves et ne peut plus pratiquer l'agriculture

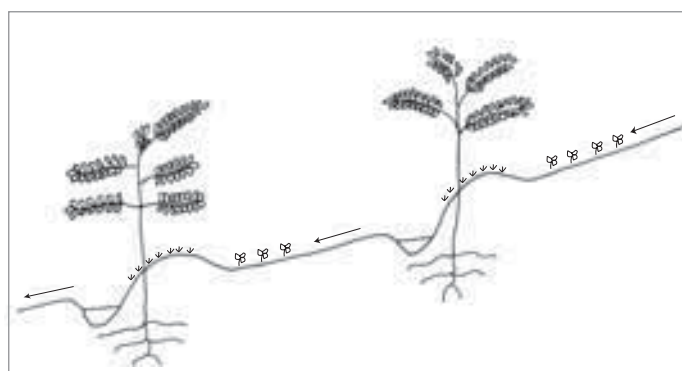
restation, les pratiques agricoles mal adaptées, le surpâturage et l'impossibilité d'étendre les terres ont entraîné une dégradation dramatique du sol et une extrême pauvreté des communautés locales.

En 1937, le pouvoir colonial décide, devant l'ampleur de la détérioration des terres et la misère de ces populations, de créer un service de conservation des sols et d'imposer des mesures de protection. Elles comprennent la construction de terrasses étroites, bordées par un fossé, puis une levée de terre en aval (contrairement au *fanya juu* où la terre est jetée à l'amont) qui ne se révèlent pas très efficaces ni très populaires. On les appelle *fanya chini*. Dès les années 1950, la demande urbaine grandissante pour les produits agricoles et l'autorisation faite aux petits propriétaires locaux de planter du café, droit réservé autrefois aux colons, redonnent une certaine impulsion aux activités agricoles. C'est alors qu'apparaît la technique *fanya juu* due à une innovation paysanne spontanée. On dit qu'elle aurait été introduite par un vétéran de l'armée britannique à son retour des Indes². Contrairement aux premiers types de banquettes, rapides à construire mais se détériorant vite, le *fanya juu* est long à construire mais facile à maintenir. Au vu de son efficacité, les Kambas l'adoptent

² <http://pdf.wri.org/wr2000-agroecosystems-machakos>



Le modèle *fanya juu* au Kenya.



**Coupe du modèle :
fossé à l'aval et gradin à l'amont.**

spontanément puis le développent après l'indépendance, alors même qu'ils ne bénéficient plus de l'aide de l'État. Aujourd'hui, près de 65 % des terres de la région sont aménagées en terrasses. Les productions sont diversifiées et alimentent les villes, les industries agro-alimentaires et le tourisme. L'agriculture n'est plus dangereuse pour l'environnement et contribue à améliorer le statut des femmes. Ce sont elles, en effet, qui pratiquent généralement les *fanya juu*, en se regroupant par petites équipes communautaires, le plus souvent sur la base des liens de parenté. Elles produisent ainsi l'alimentation de leur famille et des cultures de rentes pour compléter leurs revenus. Grâce à cette réussite spectaculaire, due en partie aux terrasses *fanya juu*, la région n'est plus misérable, mais l'agriculture est encore loin de générer des ressources monétaires suffisantes ou de produire la totalité des produits alimentaires nécessaires. Le mauvais état des routes et la pauvreté des infrastructures rendent le transport de la pro-

duction aléatoire, ce qui limite les ventes. Les cultures ne sont pas totalement insensibles aux sécheresses. Aussi, les fermiers les plus riches sont bien souvent ceux dont les ressources monétaires proviennent d'un autre secteur que l'agriculture. Mais, bien que tout cela soit encore insuffisant, le *fanya juu*, pratique somme toute récente et promulguée aujourd'hui par les organismes de développement, a contribué à sauver la population de la misère et à émanciper les femmes. Il supporte en grande partie la production maraîchère à destination des zones urbaines et quelques cultures de rente.

Références

CONSTANT MARTIN et CONSTANT MARTIN, 1994 ; ERICKSSON, 1992 ; GICHUKI, 2000 ; KAMAR, 2001 ; MAINGUET, 1994 ; MWANGI *et al.*, 2001 ; VOHLAND, 2005 ; World resources, 2000-2001 ; <http://pdf.wri.org/wr2000-agroecosystems-machakos>

Nomenclature

La culture en trous encore nommée culture en poquets (*pit farming* en anglais) est présente sous toutes les latitudes et à toutes les époques. C'est une méthode de collecte des ruissellements efficace qui s'associe souvent à d'autres techniques, bourrelets discontinus, obstacles filtrant ou banquettes en courbes de niveau. En Chine, elle s'appelle *ou-chung* ou *ou t'ien*. Elle consiste à creuser de petits trous qui sont ensuite abondamment fertilisés et irrigués, sur toute une parcelle de culture et à intervalles réguliers.

Localisation géographique

La méthode, ancienne, a surtout été pratiquée dans les plaines surpeuplées du nord de la Chine pour cultiver le blé et le mil ou bien des légumes. Elle est particulièrement adaptée aux petites parcelles où la charrue ne peut opérer et aux champs minuscules. Elle est utilisée sur les terres arides et en pente où l'espace non cultivé entre les trous joue le rôle de petit impluvium. Mais elle s'avère tout aussi efficace sur des terrains plats et des sols de qualité médiocre, y compris sur les collines, près des centres urbains ou même sous les remparts entourant une ville.

Mais la culture en trou est universelle et on la retrouve sous des formes variées de tout temps et dans bien des pays. Citons parmi de nombreux exemples : les trous *tumbukiza* dont la technique nouvellement introduite au Kenya, en Uganda et en Tanzanie permet de cultiver du fourrage supportant la production laitière des petites exploitations de la région (MBATI et NGIGI, 2005) ou encore le *zai* (voir la fiche suivante), les trous *ngolo* des Matengo de Tanzanie (fiche 56), les trous à taro de l'îlot Mogmog sur l'atoll Ulithi (KAZUTAKA et MICHIO, 2003), développés également dans la fiche 43 de cet ouvrage.

Conduite technique

Des trous sont creusés dans le sol selon une profondeur, une largeur et un espacement variables, en fonction de la plante à cultiver. Le mil est planté dans des trous larges, profonds et rapprochés tandis que le melon se contente de trous plus petits, moins profonds mais plus éloignés. En moyenne, chaque trou mesure 20 cm de côté et l'espacement est de 30 cm. Les trous eux-mêmes sont disposés en bandes ou selon différents dessins : alignés, en quinconce ou en motifs variés selon la fantai-

sie de l'agriculteur. En une journée un homme peut préparer un millier de trous dans lesquels il sème à chaque fois 20 graines de mil. Puis il ajoute une bonne fumure naturelle qu'il mélange à de la terre. Si besoin, l'arrosage se fait à la main. À l'automne il effectue une récolte abondante. La culture en trous mobilise sur un faible espace une grande force de travail et la fertilisation importante donne d'excellents rendements.

Histoire et société

En Chine, la culture en trous est décrite pour la première fois au premier siècle avant J.-C. par l'agronome Fan Sheng Zhi Shu. Mais la légende suggère qu'elle est beaucoup plus ancienne et remonterait au ^{xviii}e siècle avant Jésus-Christ. À cette époque, régnait l'empereur Thang, célèbre fondateur de la dynastie Shang, qui unifia les toutes premières cités-États chinoises dans la région du moyen Fleuve Jaune. Une grande sécheresse survint, brûlant les cultures et affamant les hommes. C'est alors que la technique de culture en trous fut découverte, reverdissant les champs et sauvant toute la population. D'emblée, l'origine de ce mode de culture est donc liée à l'aridité et au manque d'eau. Par la suite, cette agriculture s'est maintenue puis a été remise en valeur par Fan Sheng Zhi Shu. Elle convient bien, alors, à des paysans pauvres dont les terres sont peu étendues et qui ne possèdent pas d'animaux de trait. Facilement menée par les femmes et les enfants, elle optimise la force de travail de toute une famille et peut même être utilisée dans les jardins citadins autour des grandes villes. C'est une méthode qui réclame beaucoup de travail mais peu d'investissement si l'engrais utilisé est de source naturelle.

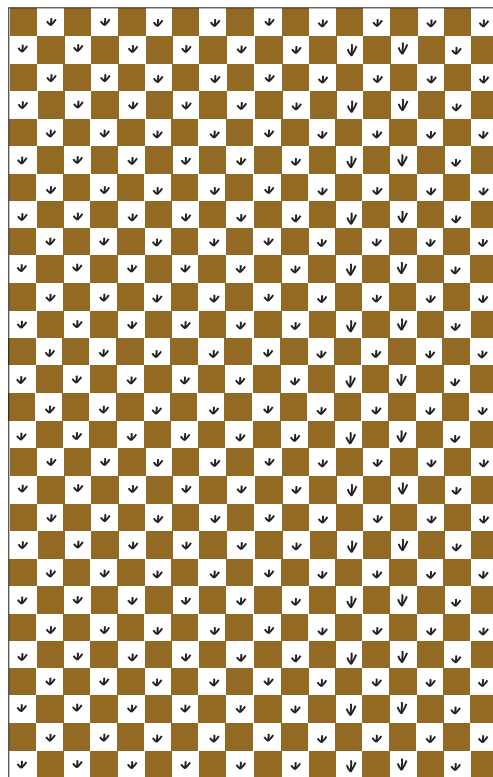
Par la suite, la méthode est moins prise en compte bien qu'elle attire toujours l'attention des agrono-

mes emballés par ses bonnes performances, si bien qu'elle se développe surtout dans les zones arides où l'eau est rare, car elle assure tout au moins une culture de subsistance. Ailleurs, elle se pratique surtout dans les grosses exploitations dont les propriétaires souhaitent récupérer des terres pauvres. En ce sens, elle se rapproche du *zaï*. C'est aussi, pour les grands fermiers, une façon d'occuper l'abondante main-d'œuvre quand les travaux agricoles s'allègent.

Bien que des essais modernes aient prouvé l'efficacité de la méthode, la culture en trous est essentiellement pratiquée aujourd'hui sur de petites parcelles et reste marginale car les paysans manquent souvent de fumure et de temps pour la mener à bien, même si les Chinois prennent plaisir à ce mode de culture qui leur permet de dessiner des formes géométriques, passe-temps qu'ils affectionnent. Elle supporte donc essentiellement une culture de subsistance pour les plus pauvres.

Références

HSU, 1980 ; KAZUTAKA et MICHIO, 2003 ; MBATI et NGIGI, 2005 ; NEEDHAM et BRAY, 1984 ; SHENGXIU et XIAO LING, 1992.



Culture en poquets : modèle en damier
(d'après NEEDHAM et BRAY, 1984).

Nomenclature

Le *zaï* (ou *zay* ou *sai*) est une forme particulière de culture en cuvettes. Sous sa simplicité apparente, cette méthode traditionnelle de réhabilitation des terres cuirassées, associe un captage des eaux de ruissellement, un apport localisé de matières organiques et une aération du sol par les termites. En Mooré du Burkina Faso, *zaï* dérive du terme *zaiegré* (se hâter pour préparer sa terre). Au Niger, dans la région de l'Ader Doutchi Maggia (REIJ, 1990) et au Soudan, on utilise le terme *tassa*. Un système similaire est nommé *covas* au Cap-Vert. On en retrouve d'autres variantes au Kenya (*Kitui pitting* ; *Katamani pitting*), en Zambie et en Tanzanie (*Chororo pit* d'après le nom du village du découvreur local de cette technique).

Localisation géographique

Le *zaï* a été développé sur le plateau mossi au Burkina Faso (province du Yatenga) après les sécheresses de 1980. La région présente une zone de collines buttes cuirassées, suivie d'un glacis faiblement incliné puis de bas-fonds limono-argileux. Les sols ferrugineux plus ou moins indurés alternent avec des sols profonds mais encroûtés appelés localement *zipellés*. Ils résultent d'une dégradation de la couverture végétale qu'il est impossible de rétablir car le ruissellement entraîne les graines et les résidus organiques. Le climat soudano-sahélien ou sahélien comporte une longue saison sèche et

une courte saison des pluies. La pluviométrie annuelle est comprise entre 400 et 700 mm. Les pluies erratiques surviennent en averses intenses provoquant une forte érosion du sol encore renforcée par des vents forts (harmat-

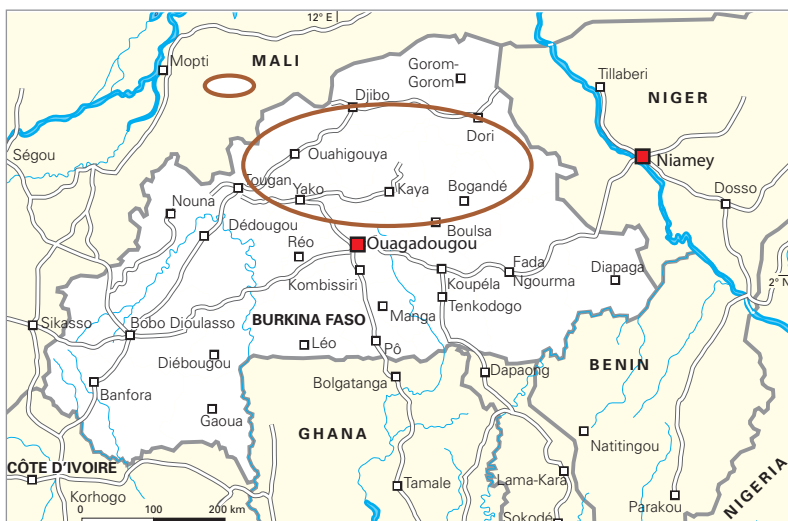
Sur le plateau mossi, les habitations sont isolées au milieu des champs. En saison sèche, le sol paraît encroûté et blanchi en surface, d'où le nom de « zipellé ». Les paysans préparent leur terre avant les premières pluies en creusant des trous de 40 cm de diamètre et 20 cm de profondeur.



© É. Roose



Répartition de la culture du *zai* : le plateau dogon au Mali et le Yatenga au Burkina Faso.



tan). La densité de population peut atteindre 100 hab./km² et l'émigration est forte.

On retrouve la technique du *zai* sur le plateau dogon au Mali, dans la vallée de Keita au Niger, dans les monts Guéra au Tchad, au Cameroun et au Cap-Vert. En Zambie et en Tanzanie, elle est utilisée pour collecter les ruissellements mais pas pour réhabiliter les terres.

Conduite technique

Il existe plusieurs techniques de *zai*, variant autour du procédé central décrit au Yatenga.

Tôt en saison sèche, le paysan entoure le futur champ d'un cordon de pierres pour ralentir les ruissellements. Puis il creuse à la pioche ou à la houe de petits trous dont la taille varie en fonction de la nature du sol. Ils sont plus grands sur les sols à faible rétention d'eau que sur les sols argileux peu perméables. Ils mesurent en moyenne 20 à 40 cm de diamètre, sont espacés en quinconce de 80 à 100 cm et profonds de 10 à 20 cm. La terre est rejetée en aval et disposée en croissant de façon à retenir au mieux les ruissellements. En amont, le terrain encroûté et lisse joue le rôle d'impluvium. Sa superficie est au moins trois fois supérieure

à celle des trous et le ratio impluvium/zone cultivée peut atteindre 1 : 25. On installe ainsi environ 10 000 trous par hectare, mais dans d'autres régions leur densité peut atteindre 15 000 trous/hectares. En fin de saison sèche, ces petits bassins ont capté et accumulé les résidus organiques et le sable apporté par le vent du désert (harmattan). Aux premières pluies, le paysan y déverse deux poignées de poudrette composée d'un mélange de fèces, de litière, de compost, de cendres et de résidus ménagers, le tout broyé et séché au soleil. Les termites, attirés par les composés organiques, ont commencé à s'installer et à creuser des galeries profondes qu'elles tapissent de leurs excréments. Ce faisant, elles rendent le sol plus poreux et font remonter des nutriments à partir des couches profondes. Le trou se transforme peu à peu en entonnoir au fond duquel s'engouffrent les eaux de ruissellement, formant en profondeur des poches d'humidité à l'abri de l'évaporation. Avec 400 mm de pluie par an, ces trous concentreraient l'équivalent de 900 mm d'eau. À la première grosse pluie, le paysan sème le sorgho (sur les sols lourds) ou le mil (sur les sols sableux) à raison d'une dizaine de graines par trous. Bientôt, les graines d'arbustes forestiers germent également dans les poquets, à côté des sorghos. Au moment de la récolte, le paysan respecte quelques jeunes plantules arbustives, un trou sur cinq environ, et coupe à cet endroit les tiges de sorgho à un mètre du sol. De cette façon, la plantule est protégée de

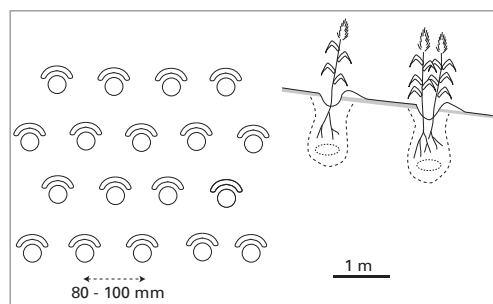


Schéma du *zai*
(d'après Roose *et al.*, 1993).

l'appétit des chèvres et du souffle des vents. Les céréales et les plantules arbustives prospèrent, utilisant en saison sèche l'humidité résiduelle du poquet. Les rendements avoisinent la tonne à l'hectare pour le sorgho mais varient en fonction de la pluviosité annuelle.

L'année suivante, le paysan creuse de nouveaux trous entre les premiers, pour un nouveau cycle de culture. En cinq ans, toute la terre est ainsi aérée par le creusement des trous et par les termites. À ce moment, les plantes arbustives laissées en place d'une année sur l'autre, sont suffisamment fortes et forment des rideaux buissonnants entre lesquels la culture des céréales peut se poursuivre.

Le trou initial a pour objectif, telle une fissure naturelle, de recueillir les ruissellements, de conserver la fumure, de protéger les jeunes plants du vent et de freiner l'évaporation. Toutefois, le *zaï* ne convient pas aux environnements trop secs ou trop humides, et se situe idéalement sous une pluviométrie de 400 mm à 800 mm. En deçà l'eau est insuffisante, au-delà elle engorge le sol. Les caractéristiques analytiques du sol sont en fait peu modifiées bien que sa capacité de production soit nettement améliorée.

Histoire et société

Le *zaï* aurait été utilisé jadis par des agriculteurs très pauvres, ne disposant que de mauvaises terres. Les trous, petits (10-15 cm de diamètre) et peu profonds (5-15 cm), ne concernaient alors que de petites surfaces. Dans les années 1980, suite aux grandes sécheresses qui ont affecté le Burkina-Faso, cette culture traditionnelle a été reprise et améliorée par quelques fermiers qui ont préféré rester sur leurs terres plutôt que de suivre le mouvement d'immigration général vers des régions plus hospitalières. Ces initiatives personnelles, couronnées de succès, ont permis le développement rapide de ce mode de culture.

Mais la récupération des terres dégradées est de longue haleine et exige un travail initial important. Elle réclame une main-d'œuvre suffisante (environ 30 à 70 personnes par hectare), de grandes quantités de fumure (1 à 3 t/ha) qu'il faut aussi préparer à l'avance, et des charrettes ou autres moyens de transport pour acheminer cette fumure jusqu'au lieu de son utilisation. À cela, s'ajoutent la collecte, le transport et la disposition des pierres dont il faut entourer la parcelle cultivée pour maîtriser au mieux le ruissellement. C'est donc une agriculture difficile, tournée vers la subsistance plutôt que vers la production et menée



© É. Roose

La terre extraite de chaque trou est disposée en demi-lune à l'aval et une à deux poignées de poudrette sont déposées dans le trou. Avant les premiers orages, les paysans sèment douze graines de mil ou de sorgho.

par des groupes sociaux pauvres, marginalisés sur des terres infertiles. Elle disparaît peu à peu dans les contextes où la main-d'œuvre potentielle a migré vers les villes. Certains auteurs ont remarqué que ce type d'agriculture s'estompe au fur et à mesure que les paysans ont la possibilité d'aménager des jardins maraîchers, moins exigeants en main-d'œuvre et produisant pour la vente des surplus que les céréales de subsistance ne fournissent pas.

Néanmoins, cette technique traditionnelle, sophistiquée et peu onéreuse en capitaux, intéresse les projets de développement agri-



© É. Roose

Au bout de deux mois, le sorgho atteint deux mètres et va produire, même dans des sols gravillonnaires peu fertiles, autant de paille et de grains que la moyenne régionale (6 à 8 quintaux/ha/an).



© É. Roose

Par ailleurs, les eaux d'infiltration vont améliorer l'alimentation de la nappe souterraine et faire germer les graines de légumineuses arbustives qui vont permettre de réinstaller un système de production agro-sylvo-pastoral en milieu dégradé (Burkina Faso).

cole qui, au prix de quelques améliorations, l'appliquent à la restauration des sols dans les zones désertifiées. Le *zaï* a été développé au Yatenga (plateau mossi) sur des milliers d'hectares, dans un contexte de forte densité humaine, de migrations importantes et de terres décapées. Les paysans creusent les trous durant la saison sèche, économisent leur fumure, plantent dès la tombée des pluies et récoltent dès la première année. Au fur et à mesure, les terres sont réhabilitées, en fonction de la main-d'œuvre dont les paysans disposent chaque année. Les cultures d'auto-subsistance sont alors menées, selon des méthodes courantes. Face à ces nombreux avantages, les paysans eux-mêmes adoptent

spontanément la technique et la diffusent progressivement mais elle ne concerne généralement que quelques arpents à la fois. Enfin, la préservation des jeunes plantules d'arbres permet un reboisement spectaculaire de régions autrefois dévastées. Certains paysans sélectionnent en outre les graines d'arbres utiles pour rentabiliser encore la technique.

Références

AYERS, 1989 ; KABORÉ et RELJ, 2004 ; KASSOGUÉ *et al.*, 1990 ; LEE et VISSCHER, 1990 ; MANDO *et al.*, 1999 ; MUTUNGA et CRITCHLEY, 2001 ; RELJ, 1990 ; RELJ et WATER-BAYER, 2001 ; ROOSE, 1994 ; ROOSE *et al.*, 1993 ; ROOSE *et al.*, 1998.

Nomenclature

Le Soudan est l'un des pays de l'Afrique subsaharienne le plus riche en techniques traditionnelles de collecte des eaux de ruissellement. On y observe entre autre les *teras* qui sont peu connus, bien qu'ils fassent vivre des milliers de personnes. Le terme *teras* désigne lui-même une levée de terre. Dans le système *teras*, ces levées délimitent les côtés de casiers de culture dans lesquels les ruissellements sont concentrés. Elles présentent des formes très variables selon les lieux, si bien que le terme *teras* peut être considéré comme générique pour tout le groupe des banquettes avec impluvium observées dans le nord du Soudan. Dans la région de Butana le terme *sadra* désigne la zone de capture des eaux et le terme *hugna* la zone de culture.

Localisation géographique

Les *teras* sont utilisés dans tout le nord aride du Soudan, sur les plaines argileuses entre les isohètes 200 mm et 500 mm. Ils sont plus fréquents à l'est du pays, mais sont présents jusque dans le sud du Darfour. Les plus connus sont ceux qui ont été décrits dans l'État de Kassala (REIJ, 1990 ; VAN DIJK et AHMED, 1991). C'est un État frontalier avec l'Érythrée et l'Éthiopie, composé de quelques montagnes à l'est et d'une plaine érodée s'élevant à environ 500 m d'altitude. Celle-ci est sillonnée d'une trentaine de cours d'eau temporaires drainés par la rivière Gash, elle-même saisonnière. Les berges et le large delta intérieur de la Gash sont propices à l'agriculture. Ailleurs, les sols craquelés sont argileux, arides et parsemés de quelques arbres locaux, principalement *Acacia* spp. et *Balanites aegyptiaca* (dattier sauvage). La pluviométrie annuelle est très basse (210 mm à 280 mm). La densité de population est de 7 hab./km².

Conduite technique

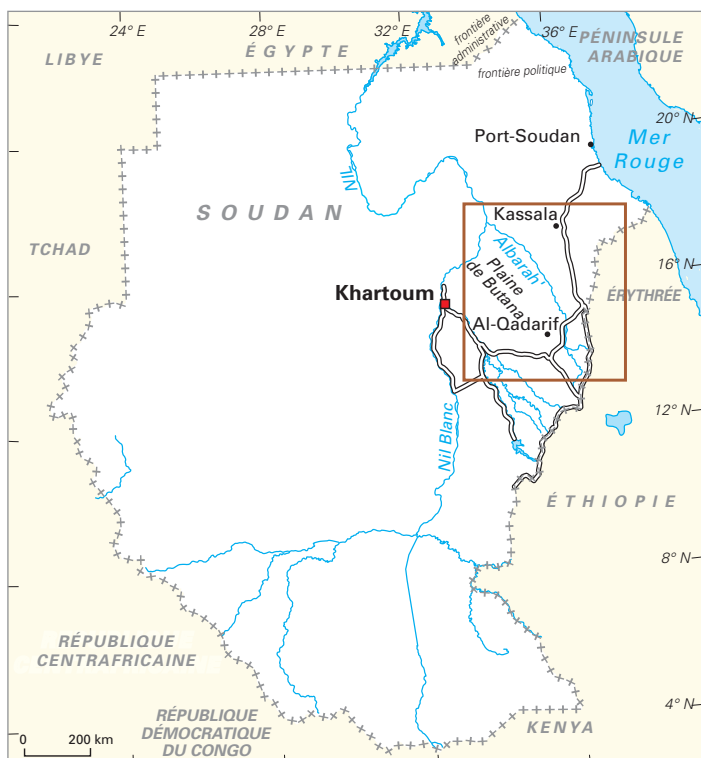
Les *teras* apparaissent comme des îlots de culture organisés en champs successifs, régulièrement alternés sur des plaines semi-désertiques à faible pente (0,5 %), dont le sol non cultivé joue le rôle d'impluvium. Chaque parcelle cultivée occupe une surface approximative de trois hectares et la surface de captage est au moins le double de la surface cultivée. Les banquettes, placées grossièrement en courbes de niveau et en quinconce, sont complétées par plusieurs levées de terre situées à angle droit, l'ensemble rappelant la forme d'un peigne dont les dents seraient tournées vers l'amont. La banquette principale mesure de 50 m à 300 m,

en fonction de la topographie et peut atteindre une longueur de 700 m. Ses bras dont l'extrémité est protégée par des broussailles ou des cailloux, s'étendent sur 50 m à 100 m. À l'intérieur de chaque bassin ainsi délimité, des levées de terre supplémentaires plus courtes sont dressées parallèlement aux bras. La hauteur des banquettes est en moyenne de 35 à 40 cm et la largeur à leur base de 0,5 à 2 m. Toutes les levées de terre sont bordées sur leur face interne par un petit sillon. Enfin, dans certaines régions, de petits champs secondaires pourvus de leurs trois côtés sont aménagés à l'intérieur des bassins. Ils collectent moins de ruissellements et sont plantés plus tôt que les autres. Les variations de structure touchent au nombre de bassins et à leur profondeur. Les bras externes sont parfois incurvés.

Les ruissellements engendrés par de faibles ondées sont captés par les *teras* et s'accumulent dans les bassins dont la longueur des bras est éventuellement modifiée pour favoriser la circulation de l'eau. Lors des pluies plus fortes, les eaux excédentaires débordent des bras externes et ruissellent jusqu'au *teras* sous-jacent. Comme il n'y a pas de système de dérivation des eaux, une brèche est pratiquée dans la banquette principale pour évacuer les trop-pleins dévastateurs, lorsque les pluies sont très fortes. Les *teras* sont aussi alimentés par les débordements des cours d'eau temporaires, sur des pentes inférieures à 1 %. À partir de juillet, les cultures se font en poquets régulièrement espacés à l'intérieur des bassins. Les *teras* sont principalement adaptés à la culture du sorgho ou à celle de variétés de mil à maturation rapide, mais on y plante aussi la pastèque près des banquettes principales, à destination des marchés. La production de sorgho peut atteindre 750 kg/ha mais reste



Lieux d'implantation principaux des *teras* : la région de Kassala et la plaine de Butaba.



basse. Toute la construction se fait à la main, à l'aide de bêches et de pioches bien qu'une faible mécanisation par tracteur soit pratiquée. La sédimentation surélève progressivement les parcelles de culture si bien que les banquettes doivent être, elles aussi, régulièrement surélevées. La maintenance des banquettes, le nettoyage des zones de capture et le colmatage des sillons d'érosion sont assurés avant la survenue des pluies. Les inconvénients majeurs de ce système sont la grande demande en main-d'œuvre pour assurer la construction et la maintenance des structures et le risque d'érosion du sol si les ruissellements sont trop forts.

Histoire et société

Le Soudan est habité depuis plus de 60 000 ans et les sites archéologiques révèlent que l'agriculture y a été menée il y a 3500 ans (MACNEISH, 1991) au moins. Parmi les premières plantes cultivées on note le sorgho (*Sorghum caudatum*) et le mil (*Pennisetum violaceum*). La région, en étroite relation avec les grands royaumes du Nil, a connu plusieurs civilisations importantes : les Kermas (2000 av. J.-C.), le royaume de Napata (800 av. J.-C.) et le royaume de Meroë (500 av. J.-C. jusqu'au IV^e siècle de notre ère). La conversion des rois de Nubie au christianisme entraîna la christianisation de tout l'actuel Soudan. Puis, à partir du XVI^e siècle, il a été progressivement islamisé, essentiellement dans le nord. Du XVI^e au XIX^e siècle, l'Empire funj a ainsi dominé la région. Aujourd'hui, les cinq provinces du nord

sont unies par l'islam et l'arabe, bien que de nombreuses langues y soient encore parlées et de nombreuses ethnies y soient présentes.

Le Soudan est d'abord un pays d'éleveurs mais il a aussi une longue tradition agricole si bien que l'origine des *teras* se perd dans le temps. Les recherches les plus récentes suggèrent qu'ils datent du royaume Fung (VAN DIJK et AHMED, 1991), donc de 400 ans tout au plus. Les nombreux migrants progressivement installés dans la région, certains venus de l'Afrique de l'Ouest, les ont ultérieurement développés. C'est donc une technique ancienne, améliorée au fil du temps qui a sans doute connu des périodes d'abandon avant de réapparaître dans des contextes difficiles.

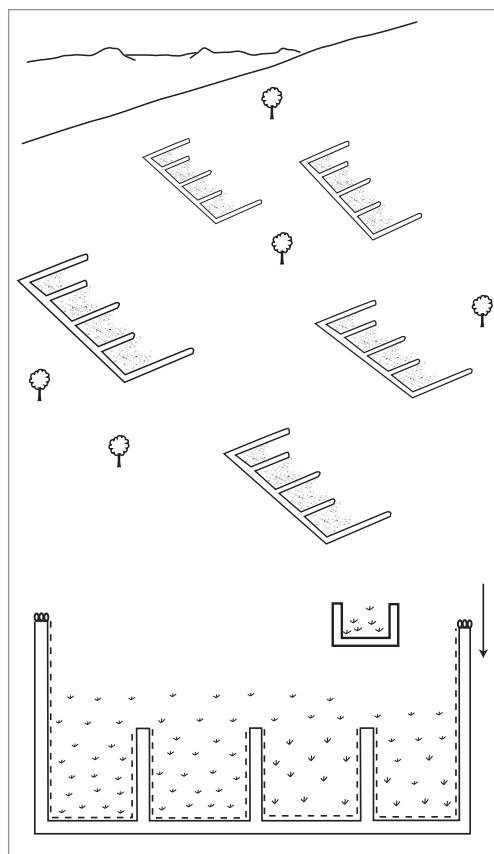
L'État de Kassala est principalement peuplé par des Béjas dont les Hadendawa et les Beni Amer ainsi que par les Shukriya et les Lahawin dans la plaine de Butana. Tous sont des éleveurs, sédentaires ou semi-nomades. L'activité principale est l'élevage et l'agriculture fournit essentiellement des céréales d'auto-subsistance. Elle est presque essentiellement menée par les hommes. Elle repose sur des techniques traditionnelles de conservation des eaux mais aussi sur la culture irriguée du sorgho et la culture pluviale mécanisée. Parmi les méthodes traditionnelles d'utilisation des eaux de surface on observe les *teras* mais aussi les *libish*, sortes de lignes construites

avec des branches empilées pour retenir les ruissellements, les *hafir*, réservoirs de captage des eaux de crue et la culture de décrue.

Les conditions environnementales sont extrêmement dures dans le Kassala. Les populations sont déstabilisées par les guerres civiles et les crises érythréennes et somaliennes. Beaucoup de paysans sont d'anciens nomades, sédentarisés depuis peu ou des migrants encore mal installés. Dans ce contexte, les stratégies de survie s'appuient sur de nombreuses activités qui se succèdent et s'ajustent en fonction des circonstances. Les *teras* sont entièrement gérés par le groupe familial, ne demandent pas d'investissement particulier, permettent d'accéder à des terres variées et peuvent être pratiqués avec souplesse. Même si le travail est important et les rendements bas, les *teras* s'ajoutent aux autres ressources disponibles et offrent une opportunité de plus à des communautés en perpétuelle survie. Ils ont donc la faveur des paysans qui les développent de plus en plus, sans appui particulier des programmes de développement agricole. Les revenus générés par la vente de pastèques sur les marchés restent faibles et le système est essentiellement tourné vers l'auto-subsistance.

Références

BARBOUR, 1961 ; CRITCHLEY, 1990 ; MACNEISH, 1991 ; RANDALL, 1963 ; REIJ, 1990 VAN DIJK, 1997 ; VAN DIJK et AHMED, 1991 ; VOHLAND, 2005.



**Schéma des *teras* au Soudan
(d'après CRITCHLEY, 1990
et VAN DIJK et AHMED, 1991).**

Nomenclature

Les *negarim* font partie des méthodes de capture des ruissellements par de petits impluviums. Ils dessinent sur une pente une grille de losanges dont chaque sommet abrite un arbre fruitier. Certains auteurs y associent les banquettes disposées en V qui se rapprochent effectivement des systèmes *negarim*. Le terme viendrait de l'hébreu *neger* (ruissellement).

Localisation géographique

Les *negarim* ont été développés en Israël dans le désert du Néguev (voir **Système nabatéen**) bien qu'ils soient aujourd'hui largement répan- dus dans les zones arides et semi-arides, comme la Jordanie, la Tunisie, le Soudan et le Kenya ou bien encore en Inde. Ils sont effica- ces sur les vertisols des faibles pentes, infé- rieures à 5 %, partout où la pluviométrie ne dépasse pas 300 mm.

Conduite technique

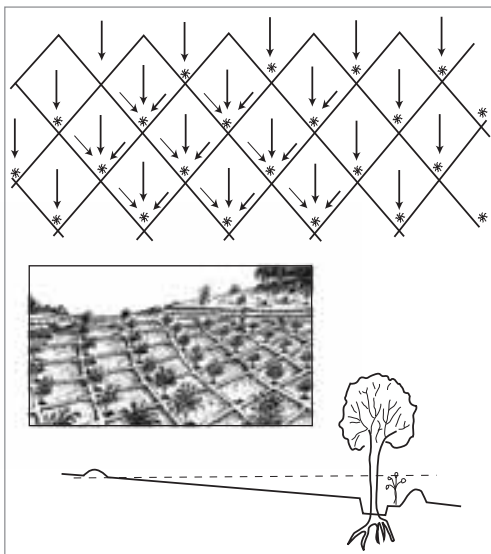
Les *negarim* sont constitués de bassins carrés (ou losangés) disposés en courbes de niveau et dont la diagonale est parallèle à la pente. Ils sont bordés par des levées de terre compac- tées dont la hauteur et la largeur sont en moyenne de 25 cm chacune. Au Soudan, la hauteur des *negarim* est moins élevée que celle des *teras* (20 cm en moyenne). La sur- face ainsi délimitée (50 m² à 200 m² de superfi- cie) joue le rôle d'impluvium. Une petite cuvette est creusée dans l'angle inférieur de chaque losange, là où deux banquettes se rejoignent et les eaux s'accumulent. C'est la zone de culture dont la profondeur est de 40 cm en moyenne. On laisse, contre le bord de cette cuvette, une petite parcelle surélevée. Le sol doit être profond (supérieur à 2 m) pour per- mettre une bonne infiltration des eaux collec- tées. On plante un pied d'arbre fruitier dans le fond de la cuvette et un autre sur la parcelle surélevée. Cette pratique permet de doubler les chances d'obtenir une bonne implantation des arbres et si les deux pieds survivent, on éli- mine le plus faible, quitte à le replanter dans une cuvette où aucun arbre n'a subsisté. Quelques plantes annuelles sont établies autour de la cuvette.

L'aire de culture est généralement de trois à six fois inférieure à celle de la zone de captage. En Jordanie, l'implantation d'amandiers et d'oli-

viers a été rendue possible dans des zones très arides (160 mm de pluviométrie annuelle) en adoptant des *negarim* de petite dimension (25 m² à 75 m²). En Israël, un modèle différent a été utilisé pour cultiver des amandiers. Il comprend une aire de capture d'une superficie vingt fois supérieure à celle de l'aire de culture (250 m² pour une cuvette de culture de 3,5 m sur 3,5 m). Un drain de diversion est aménagé à l'amont de tout le site de culture afin d'éva- cuer les pluies d'orage, lorsqu'elles survien- nent, et les banquettes sont protégées par des herbes. Selon la topographie et le caractère des pluies, les ruissellements sont favorisés en damant le sol de l'impluvium ou bien ils sont au contraire freinés en le laissant en herbe. Dans ce dernier cas, on obtient également un peu de fourrage. Les *negarim* sont particulièrement

Dans les *negarim*, un impluvium recueille les eaux de ruissellement.

(Sources : Rocheteau *et al.*, 1988, cité par PRINZ et MALIK sd)



adaptés à l'arboriculture fruitière et sont donc très prisés par les programmes d'agroforesterie. Ils donnent de moins bons résultats pour d'autres types de cultures.

Histoire et société

Les *negarim* sont parmi les mieux connus des méthodes de conservation de l'eau et du sol. Ils ont été l'objet de nombreuses études menées par les projets de développement qui tentent de les améliorer. Ainsi, des études expérimentales menées en Éthiopie (Dire Dawa) (ABDELKDAIR et SCHULTZ, 2005) ont montré que la superficie optimale d'un impluvium est de 100 m² et que l'implantation de lignes d'herbes dans la surface de captage favorise les infiltrations. En général, les projets de développement réservent les *negarim* à l'installation de vergers à haut rendement, en raison du haut coût en main-d'œuvre des aménagements initiaux. Il faut en effet une journée à un homme seul pour construire deux *negarim*. Ces modes de culture sont largement pratiqués, et tendent même à s'étendre, car ils ont la faveur des paysans.



Le désert du Néguev en Israël

<http://www.mnemotrix.com/adasr/>

Ils conviennent en particulier aux petites parcelles et permettent de cultiver quelques fruitiers, là où les pluies sont insignifiantes.

Références

ABDELKDAIR et SCHULTZ, 2005 ; OWEIS et HACHUM, 2003 ; OWEIS et HACHUM, 2004 ; PRINZ et MALIK, sd ; FAO, www.fao.org/docrep/T0321E/t0321e-13.htm

Nomenclature

Le *meskâ* (pluriel *meskat*) est un impluvium, c'est-à-dire une surface aménagée en haut de pente, pour recueillir les eaux de pluies qui sont ensuite dirigées vers des zones basses aménagées en casiers de culture (*manka*). C'est un terme arabe qui signifie pièce d'eau, réservoir ou citerne, etc.¹ Contrairement à d'autres méthodes de collecte des eaux de ruissellement qui alternent les aires de captage et les zones de culture, les *meskat* présentent deux parties bien distinctes : un grand impluvium à l'amont et une aire de culture subdivisée à l'aval. Ils permettent aussi de conserver le sol.

Localisation géographique

Les systèmes *meskat* sont aménagés en Tunisie centrale et septentrionale, principalement dans la région de Sousse où ils couvrent près de 200 000 ha, généralement cultivés en oliviers. C'est une vaste plaine aride au sol sableux bordée à l'est par la Méditerranée et à l'ouest par des montagnes entrecoupées de plaines, les sommets culminant à 1 440 m. Cette région de basse steppe est bordée sur sa lisière maritime par le Sahel et centrée sur la ville de Sousse. La pluviométrie annuelle est comprise entre 200 et 400 mm mais les pluies surviennent de façon très irrégulière et souvent en averses intenses. Elles peuvent tomber en un seul mois, voire même en un seul jour, une année sur cent.

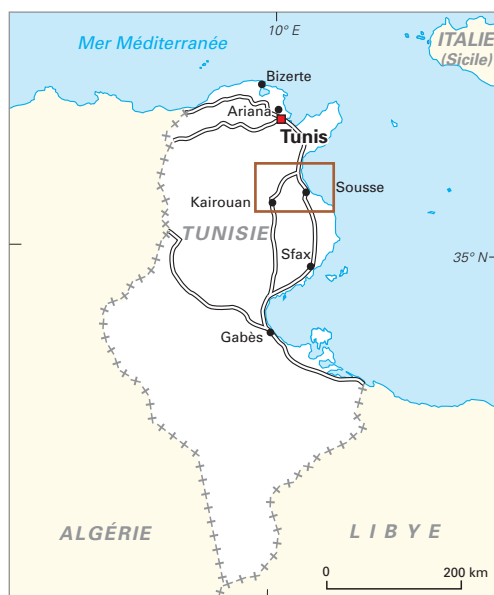
On retrouve aussi les *meskat* dans les régions sahéliennes de Monastir et Mahdia au sud-est. Des systèmes apparentés ont été observés en Afghanistan. Ils étaient connus en Perse et en Espagne.

Conduite technique

Cette technique convient à des pentes peu escarpées (3 à 6 %) et à des régions où la pluviométrie avoisine 300 mm par an. La zone de culture et son aire de ruissellement sont délimitées par des bourrelets de terre d'une cinquantaine de centimètres de hauteur. Au niveau de l'impluvium, maintenu dénudé par le pâturage et rendu imperméable afin de faciliter les ruissellements, quelques banquettes basses (ou *tabiâ*, à ne pas confondre avec le système décrit plus loin) sont accessoirement placées en travers de la pente, de façon à briser des écoulements trop violents tout en lais-

sant passer l'eau par des seuils déversoirs. Elles sont relativement espacées sur les pentes douces, plus rapprochées sur les pentes raides. Parfois, on creuse quelques rigoles pour mieux collecter et diriger l'eau vers le *manka*. La partie cultivée, dont le sol est rendu filtrant, est elle-même divisée en casiers terrassés placés en cascades. Ils sont limités par d'autres *tabiâ*, levées de terre parfois soutenues par un parement de pierres sèches, munis de déversoirs également en pierres sèches (cimentés de nos jours). La surface des *meskat* est traditionnellement égale à deux fois la surface cultivée, soit 500 m² environ pour un *manka* de 250 m².

La région de Sousse où 200 000 ha de *meskat* sont aménagés.



¹ Cité par Houimly et P. Donadieu dans le *Dictionnaire arabe-français*, 1971.



© E. Roose

L'eau recueillie en amont, au niveau du *meskâ*, s'écoule à travers les déversoirs et s'accumule en aval dans le premier bassin cultivé. L'eau excédentaire s'écoule ensuite d'une aire de culture à l'autre par les déversoirs. La majeure partie des pluies annuelles s'infiltre en une seule fois, humecte durablement un sol profond et abreuve correctement les fruitiers méditerranéens huit ans sur dix. Le système fournit un supplément d'eau équivalent à 2 000 m³/ha. On y cultive surtout des oliviers mais aussi d'autres arbres fruitiers comme des abricotiers, des figuiers, des grenadiers et des amandiers ainsi que du sorgho, du maïs et du mil durant l'hiver. À condition de respecter le rapport correct entre l'impluvium et la parcelle de culture et sous réserve d'entretenir régulièrement les banquettes, ce qui exige un lourd labeur et une grande main-d'œuvre, ces systèmes sont très efficaces. L'agriculture peut y être pratiquée à longueur d'année. Ils ont toutefois l'inconvénient de mal drainer l'eau. Les années pluvieuses, ils sont sujets à l'inondation et l'excédent hydrique endommage les récoltes.

Histoire et société

Quelque 4 000 ans avant J.-C. la Tunisie est peuplée de tribus berbères nomades ou sédentaires dont certaines ont pratiqué un peu d'agriculture. Puis, un peu plus de 1 000 ans avant J.-C., les Phéniciens installent des comptoirs maritimes sur les côtes. Ils introduisent l'oli-

Dans la région de Kairouan, la pluviosité est trop faible (300 mm) pour la culture de l'olivier. Le système du *meskâ* consiste à laisser le sommet de la colline surpâturé et à recueillir les eaux de ruissellement le long du versant dans des cuvettes successives où poussent les oliviers. Entre les lignes de cuvette, on élève un bourrelet de terre pour maîtriser le ruissellement et protéger les sols.

vier qui apparaît vers le VIII^e siècle avant J.-C. (AMOURETTI, 1985), mais on ignore s'ils sont aussi responsables de l'invention des *meskat*. Carthage est fondée en 814 av. J.-C., les côtes occupées et développées, les Berbères repoussés vers l'intérieur. L'agriculture se développe et doit déjà faire face au manque d'eau contre lequel les Carthaginois luttent en construisant par exemple de grandes citernes et des barrages. Après les guerres puniques et la destruction de Carthage en 146 av. J.-C. par Scipion Émilien, la colonisation romaine commence et se développe quelques décennies plus tard. Au II^e siècle après J.-C. on bâtit des villes, on défriche de vastes zones, on développe l'agriculture et on plante des oliviers. L'exportation de tous ces produits agricoles vers l'Italie engendre une forte croissance économique de la future Tunisie et une intensification importante de l'agriculture. C'est à cette époque, sans doute, que les *meskat* sont en pleine

expansion dans le centre de la Tunisie ainsi que les *jessour* dans le sud. Au VII^e siècle, les Arabes envahissent le pays, détruisent Carthage et islamisent progressivement les populations (latines, chrétiennes, berbères). On note alors, jusqu'au XVI^e siècle, un net développement des *meskat*. Plus tard, le pays connaît l'influence des Turcs puis des Français avant de devenir indépendant en 1957. Durant toute cette période, le nombre des *meskat* diminue notablement et il faut attendre la fin du XX^e siècle pour qu'ils se développent à nouveau, sous l'influence des projets de développement lancés par l'État. On comptait à nouveau en Tunisie, à la fin des années 1980, près de 300 000 hectares aménagés en *meskat*, dont 100 000 hectares d'oliviers cultivés pour l'exportation.

Les *meskat* peuvent être soumis à la mécanisation et à différentes améliorations. Un bon drainage de la parcelle cultivée ainsi qu'un écoulement sub-superficiel des infiltrations limitent l'accumulation de sels. Des lacs collinaires peuvent être créés. À Sousse, les maraîchers ont développé des cultures de primeur en conjuguant l'eau d'irrigation et l'alimentation hydrique par les *meskat*. Malheureusement, sous la pression démographique, les agriculteurs réduisent les impluviums tout en accroissant les vergers si bien que le rapport impluvium/surface cultivée, parfois réduit à un, devient insuffisant. Cette rupture de l'équilibre *meskâ/mankā* a été notée par plusieurs auteurs et remonte à une cinquantaine d'années. De plus, les banquettes sont de plus en plus mal entretenues en raison du manque de main-d'œuvre lié à l'exode rural de ces régions défavorisées. Elles collectent mal l'eau, ce qui provoque par endroits une érosion du sol. Enfin, le morcellement des terres qui a réduit certaines parcelles à des tailles trop petites pour être exploitées, la perte des

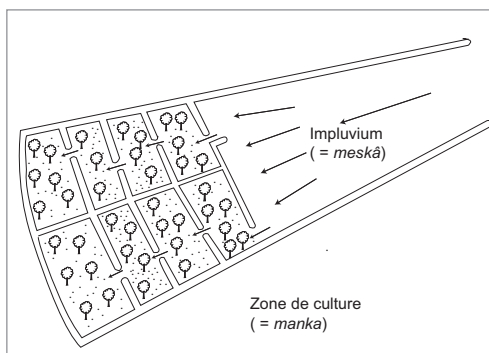


Schéma d'un *meskâ* (adapté de PRINZ et MALIK, sd ; EL AMAMI, 1977).

liens sociaux et des règles de voisinage rendent parfois difficile le maintien d'une agriculture qui dépendait d'une bonne entente collective. Les troupeaux des éleveurs pénètrent dans les oliveraies et l'eau est d'abord accaparée pour soi. Enfin la construction continue des zones périurbaines, qu'il s'agisse de résidences ou d'infrastructures touristiques, rogne sur les terres agricoles, c'est-à-dire sur les *meskat*, et ce malgré les lois de protection dont bénéficie l'olivier. Tout cela entraîne un dysfonctionnement technique et social qui risque de décourager les paysans, occasionnant un nouvel abandon de cette technique fiable, si les conditions de son exercice sont respectées.

Références

AMOURETTI, 1985 ; BARROW, 1988 ; BLADY, 1997 ; CHAABOUNI, 1991 ; DESPOIS, 1955 ; DESPOIS, 1961 ; EL AMAMI, 1977, 1983 ; *Dictionnaire arabe-français*, 1971 ; MAINGUET, 1994 ; PÉRENNES, 1993 ; PRINZ et MALIK, sd.

Nomenclature

Le *gawan* est un système traditionnel de collecte des eaux de ruissellement par petites zones de capture, utilisé en Somalie (Hiiraan) sur des terrains plats ou à très faible pente. En réalité, il représente aussi bien un exemple de captage des eaux de pluies *in situ*. Son principe est d'accumuler l'eau là où elle tombe et de capter secondairement les ruissellements d'amont. Il existait bien avant l'introduction de techniques issues d'autres régions semi-désertiques. L'autre mode de culture pratiqué dans le Hiiraan est le *caag* qui est une technique de capture des eaux de crue.

Localisation géographique

Les *gawan* se rencontrent principalement dans le Hiiraan, région située au centre de la Somalie. C'est un plateau aux terres presque plates, légèrement ondulé et parsemé de quelques collines isolées. Il borde une étroite frange côtière. La région est traversée par la rivière Shabeelle dont les niveaux d'eau varient amplement selon la saison. Le terrain, relativement plat près des rives, s'élève rapidement au-delà. Tous les autres cours d'eau sont intermittents, se remplissent en quelques heures au moment des pluies (avril-mai puis octobre-novembre) puis se vident tout aussi rapidement. Les pluies rares et irrégulières surviennent en fortes averses et la pluviométrie annuelle oscille entre 150 mm et 300 mm. Le climat est conditionné par les vents de mousson qui soufflent en novembre et en juin. Entre ces périodes venteuses, l'humidité et la chaleur sévissent. Le sol est argileux et la végétation de savane boisée a été fortement dégradée par les troupeaux de chèvres, de moutons, de chameaux et de bovins des populations semi-nomades.

La plus grande partie de l'agriculture somalienne est faite dans le sud, par irrigation ou inondation dirigée le long des rivières Shabeelle et Djouba. Les *gawan*, quant à eux, sont installés sur les faibles pentes au sol argileux, à distance de ces cours d'eau, là où l'agriculture pluviale est difficile à mener.

Conduite technique

Le *gawan* est constitué de diguettes permanentes de 30 cm de hauteur, qui divisent le champ en série de bassins carrés. L'agencement des bassins varie selon la topographie du sol et le choix des agriculteurs, si bien qu'il en existe de nombreux modèles. Mais chacun d'eux

garde une superficie de 500 m² au moins, certains étant totalement clos, d'autres ouverts. L'eau de pluie est concentrée directement là où elle tombe, les excédents s'écoulant dans les bassins adjacents par des brèches pratiquées dans les bourrelets de terre. De plus, les ruissellements captés sur les terrains d'amont alimentent les parcelles ouvertes puis s'écoulent graduellement vers les bassins inférieurs. Dès les premières pluies, on y sème le sorgho, le niébé et parfois du sésame. Deux récoltes peuvent être faites tous les ans, si les pluies sont au rendez-vous, mais les rendements sont bas (415 kg/ha pour le sorgho).

Histoire et société

Les Somalis, qui représentent plus de 80 % de la population, sont avant tout des éleveurs et des guerriers. Selon la tradition, ils descendent de nobles issus du lignage du prophète Mahomet. Du XVI^e siècle, époque probable de la création des deux premiers clans somalis (les Darod et les Isaaq) jusqu'au XIX^e siècle, ils migrent vers le sud à partir du golfe d'Aden et conquièrent progressivement leur territoire par la force. L'actuelle Somalie a été à l'origine habitée par les Zendj, peuple bantou installé près des rivières où ils pratiquaient l'agriculture. L'expansion des Somalis, alliée à celle des Oromo à partir de l'Éthiopie les a chassés de leur territoire. Tandis que Somalis et Oromo s'affrontent, les premiers finissant par repousser ou assimiler les seconds, la population bantoue résiduelle s'accroît des descendants d'esclaves venus de Tanzanie. Aujourd'hui, les Somalis forment un peuple homogène à la langue et à la religion commune, musulmans sunnites en immense majorité. Ils sont divisés en cinq classes : les guerriers (*waranle*) et les prêtres (*wadaad*) tous deux nobles et d'origine somali ; les marginaux (*waable*), égale-



La région du Hiiraan, où les *gawan* sont aménagés sur les collines encadrant la rivière Shabeelle.



ment d'origine somali mais de classe inférieure en raison d'activités professionnelles jugées dégradantes comme l'artisanat ou, dans le sud, l'agriculture ; et enfin les *gibil cad* et les *reer barre*, d'origine étrangère qu'elle soit arabe, bantoue, perse, européenne ou le plus souvent métis (MOHAMED-ABDI, 2000). C'est donc dans le troisième et les deux derniers groupes que

l'on trouve les agriculteurs parmi lesquels les Bantous sont sans doute les plus anciens.

La région du Hiiraan est elle-même peuplée par des communautés darod et hawiya, appartenant aux clans nobles. Ce sont des guerriers, bien sûr, mais aussi des éleveurs qui possèdent des chèvres, des chameaux et surtout des bovins ainsi que les trous d'eau sur les par-



Schéma d'un des nombreux types de *gawan* (adapté de CRITCHLEY, 1990, REIJ, 1990 ; PRINZ, 1996).

cours. Ils ne pratiquent pas, ou très peu, l'agriculture qu'ils méprisent et se tiennent loin de la Shabeelle dont l'humidité et les mouches tsé-tsé déciment leurs troupeaux. On trouve également des Raxanweyn dont l'activité majeure reste l'élevage mais qui possèdent aussi de vastes étendues de terres cultivables qu'ils font travailler par les Bantous. Eux-mêmes pratiquent un peu d'agriculture pluviale pour compléter leurs ressources et obtenir du fourrage pour leur bétail. Enfin, les groupes bantous et autres *reer barre* cultivent la terre pour le compte des maîtres somalis ou pour eux-mêmes.

Ce sont donc les Bantous, et quelques groupes inférieurs qui pratiquent l'agriculture le long de la Shabeelle. Aujourd'hui, ce secteur contribue pour plus de 50 % à l'économie du pays. On cultive des bananes pour l'exportation et de la canne à sucre ainsi que du sorgho, du mil, un peu de maïs et de haricots. Mais l'agriculture, menée sur de petites parcelles le long des fleuves, ne permet pas au pays d'être autosuffisant.

Les *gawan* sont quant à eux cultivés en dehors des périmètres irrigués de la Shabeelle, pour la subsistance de paysans pauvres et souvent marginalisés ainsi que pour compléter le fourrage des troupeaux d'éleveurs. On ignore leur origine, mais ils sont très anciens. Leur aménagement aussi bien que leur maintenance sont assurés manuellement et à moindre coût. Depuis quelques années des programmes de développement agricole tentent d'améliorer ces systèmes traditionnels pour accroître les surfaces cultivables en agriculture pluviale. Ils recommandent en particulier de diminuer les superficies des bassins et d'adopter des constructions qui suivent réellement les courbes de niveau, aussi faibles soient-elles. Dans ces environnements contraignants la moindre augmentation de la production peut permettre aux plus pauvres de survivre.

Références

CRITCHLEY, 1990 ; MOHAMED-ABDI, 2000 ; PÉROUSE DE MONTCLOS, 1997 ; PRINZ, 1996 ; RELI, 1990.

Nomenclature

Tabiâ est un terme tunisien désignant la levée de terre qui borde les jardins privatifs au voisinage des villes. Par extension, le terme désigne toutes les levées de terre, basses ou hautes, barrant les versants ou les ravines. Il est aussi attribué à un type d'aménagement de versant destiné à collecter les eaux de ruissellement, à condenser les brumes matinales, à réduire l'ensablement, à fixer le sol et à limiter la divagation des troupeaux. Lorsque le *tabiâ* barre une ravine (et non pas un versant), il retient un *jesser* et on parle alors de *jessour* pour l'ensemble ainsi formé. C'est d'ailleurs à ce titre que la structure est bien connue. Avec les *meskat* et les *jessour* (à la structure desquels ils contribuent), les *tabiâ* font partie du groupe des levées de terre dont l'Afrique du Nord s'est fait une spécialité.

Localisation géographique

Les *tabiâ* sont fréquents sur le littoral tunisien au sud de Sousse, là où la pluviométrie est comprise entre 100 et 250 mm par an. La pente sur laquelle ils sont installés ne doit pas dépasser 3 % et le sol doit être profond pour assurer une bonne infiltration de l'eau. Des structures similaires sont retrouvées le long du désert occidental d'Égypte, au nord-ouest du Néguev, sur les littoraux chiliens et péruviens, au sud-ouest de l'Australie et au Mexique (Basse-Californie). Ils ont été signalés en Turquie.

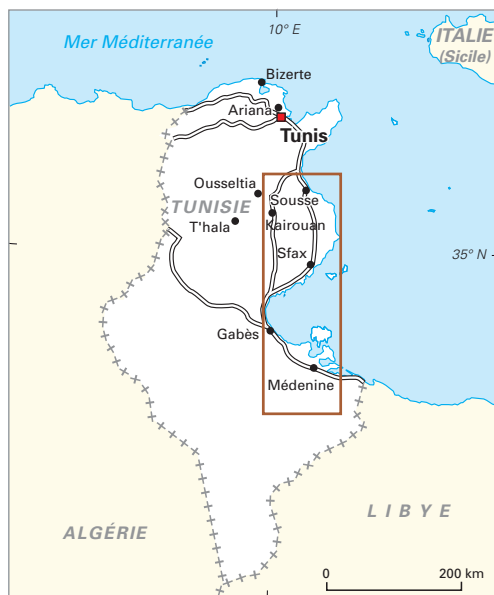
Conduite technique

Traditionnellement, ces levées de terre sont construites en courbes de niveau, perpendiculairement aux vents secs du sud et du sud-est (sirocco ou chergui) qui provoquent des déplacements de sable. Elles sont constituées d'une longue banquette principale pouvant atteindre 100 m de longueur sur une hauteur de deux à cinq mètres et de deux bras perpendiculaires placés à chaque extrémité, de 30 m de longueur tout au plus. Un parement de pierres sèches protège les banquettes qui sont souvent équipées de déversoirs latéraux. Plusieurs *tabiâ* sont construits en ligne le long de la pente, à des écartements variables. Les deux tiers de la pente amont sont occupés par une aire de ruissellement, souvent laissée en pâture. Chaque *tabiâ* est muni d'un seuil de déversement par lequel les excédents s'écoulent vers les *tabiâ* situés en aval.

Les *tabiâ* sont alimentés par un impluvium ou par un cours d'eau temporaire dont le flux est dérivé. L'eau s'accumule derrière les banquettes de retenue jusqu'à ce qu'elle atteigne une

hauteur de 20 cm environ puis elle est évacuée par le déversoir. Par ailleurs, une suralimentation hydrique pouvant aller de 20 à 150 mm/an est assurée par la condensation des rosées sur le *tabiâ* lui-même et sur les feuilles des arbres cultivés. On a montré que ces systèmes réduisent à zéro les écoulements en bas de pente, régulent les ruissellements et alimentent les cultures par une quantité d'eau sept fois supérieure à celle produite par un événement pluvial moyen. Derrière les *tabiâ*, on cultive essentiellement des arbres fruitiers (oliviers, amandiers, pistachiers, vigne) mais aussi de l'orge, des len-

Autour du golfe de Gabès se rencontrent les *tabiâ*.



Diverses illustrations de *tabiâ* dans le centre de la Tunisie

© IRD/J.-P. Montoroi



Bassin versant de l'oued El Maarouf (Tunisie centrale).



Bassin versant du lac collinaire d'El Gouazine, aménagement en banquettes anti-érosives (région de Kairouan Ousseltia).

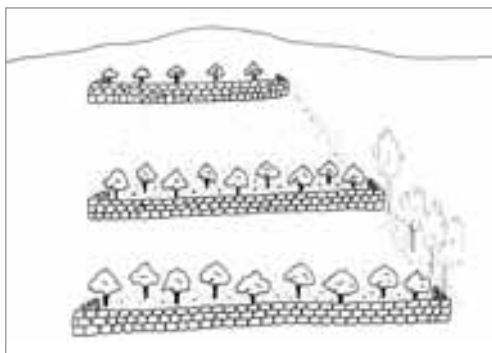


Paysage agricole (orge), région de T'hala. Dans le bassin versant expérimental de Chaffai, l'aménagement des versants en banquettes anti-érosives (*tabiâ*) est matérialisé par la bande plus verte, pour la conservation des sols et des eaux.

tilles ou des haricots en inter-rangs. Au voisinage des agglomérations, ils sont plantés de figuiers de Barbarie, de vignes, de figuiers et d'amandiers. L'atmosphère brumeuse crée un rayonnement solaire diffus qui facilite la photosynthèse des oliviers et de l'orge.

Histoire et société

Très anciennes, ces structures font partie des techniques de captage des eaux de ruissellement mises au point avant même l'arrivée des Romains par les différentes populations qui vivaient dans ces régions arides : tribus berbères puis Phéniciens. Elles leur ont permis d'y subsister et de développer des civilisations prospères durant des centaines d'années. Au moment de la colonisation romaine (du II^e au VII^e siècle) puis de la domination arabe, ces systèmes préexistants ont été développés, sans doute vers les *meskat* et les *jessour*. Les *tabiâ* ont subsisté jusque dans les années 1960 date à laquelle beaucoup d'entre eux ont malheureusement été détruits sur injonction de l'État tunisien. Actuellement, ils sont reconstitués, en courbes de niveau le plus souvent et pour soutenir des plantations d'oliviers, mais leur développement reste difficile.



Les *tabiâ*, levées de terre en courbe de niveau.

Leur désaffectation est, là comme ailleurs, due aux migrations qui dépeuplent ces régions et les privent de la main-d'œuvre indispensable à l'entretien de ces systèmes.

Références

ALAYA *et al.*, 1993 ; BLADY, 1997 ; ENNABLI, 1993 ; NASRI *et al.*, 2004 ; OUESSAR *et al.*, 2002.

Nomenclature

Le terme *khadin* (également appelé *dhora*) désigne au Rajasthan une cuvette naturelle en bas de pente dans laquelle les ruissellements se rassemblent naturellement. Mais l'homme aménage des impluviums et une série de canaux pour collecter les eaux sur le versant, y freiner leur infiltration et les conduire jusqu'à cette cuvette. C'est le système *khadin* adapté aux cultures hivernales. Il se rapproche du système *ahar* observé au nord de l'Inde (Bihar). Ce sont deux exemples de collecte des ruissellements par grandes zones de capture. Enfin, les *tajamares* du Paraguay ou les *khoki* du Turkmenistan ressemblent au *khadin* à ceci près qu'ils sont avant tout des zones de stockage de l'eau et non des aires de culture.

Localisation géographique

Le système *khadin* est utilisé près de Jaisalmer, grande ville du Rajasthan située en bordure du désert du Thar, à l'extrémité occidentale de l'Inde. On le retrouve dans les districts de Jodhpur et Bikaner. C'est une zone de montagnes basses et de plaines désertiques, au sol maigre et caillouteux, à la végétation rare. Les pluies de mousson y parviennent en averses entre juillet et septembre et sont suivies d'une longue période de sécheresse. La pluviométrie annuelle oscille entre 150 et 300 mm. Les températures estivales sont caniculaires et l'évaporation est intense.

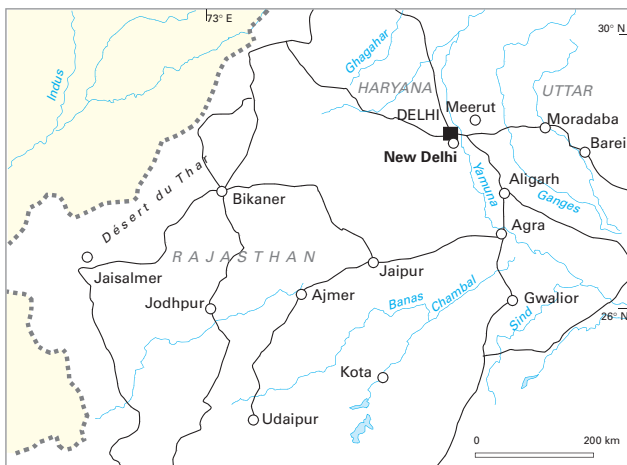
Des systèmes similaires ont aussi été pratiqués par les Nabatéens dans le Néguev, sans doute par les anciens Mésopotamiens et très loin de là, par les communautés du Colorado (USA) il y a cinq cents ans. Au Bihar, le système *ahar* est un peu différent puisqu'il capte à la fois l'eau de la rivière en crue, par un long

canal, et collecte les eaux de mousson dans des bassins pourvus sur trois côtés de levées de terre (le quatrième côté étant ouvert à la pente).

Conduite technique

Toute la technique repose sur le choix d'un bon emplacement. Il s'agit d'une dépression naturelle pourvue d'un socle de gypse couvert d'une épaisseur de terre suffisante pour accumuler l'eau. La mise en valeur débute par l'établissement d'une ferme et la construction d'un grand barrage en terre (100 à 300 m de long) en bas de pente, destiné à retenir l'eau mais aussi le sol. Au-dessus, les versants proches sont aménagés en impluvium et un système de canaux et de tranchées est agencé pour capter et diriger les ruissellements vers la zone de culture. Leur sol caillouteux limite l'infiltration des eaux qui s'écoulent vers le bas-fond, entraînant avec elles des sédiments. La cuvette

Les *khadin* se situent dans des zones de montagnes basses au sol caillouteux.





© K. Berry

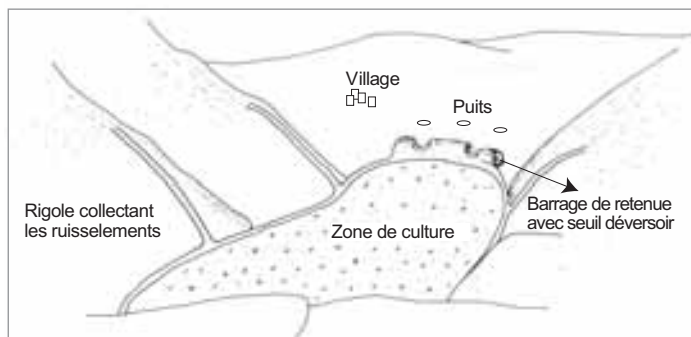
est elle-même équipée d'un drain circulaire facilitant la répartition de l'eau et de déversoirs latéraux drainant les excédents des pluies torrentielles. La superficie de la zone de captage doit être 8 à 15 fois supérieure à celle des zones de culture, ces dernières étant en moyenne de 10 ha à 14 ha.

Dans cette région, les principales activités agricoles se font durant l'été torride (juillet à septembre) dans les plaines et aucune culture n'est pratiquée dans les *khadin* à cette période. Seul le bétail pâture au pourtour du bas-fond, y abandonnant ses excréta fertilisants. L'eau d'une pluie même légère inonde très vite le bas-fond, laissant une terre boueuse riche en sédiments. Elle s'infiltre dans le sol et recharge par endroits la nappe souterraine. Durant tout l'été, le *khadin* se gorge d'eau, l'excédent étant lui-même acheminé hors de la zone par de nouvelles tranchées. À la fin de l'automne, les récoltes usuelles ont eu lieu et la saison agricole commence dans les *khadin*. Le sol des fermes, imbibé d'eau et spongieux, est labouré puis le grain est semé. Durant l'hiver, l'humidité du sol est suffisante pour maintenir

Les *khadin* sont aménagés dans les bas-fonds, ici près de Jaisalmer, au Rajasthan.

les cultures d'autant plus qu'en cette saison l'évaporation est faible. La récolte du froment et du pois chiche a lieu en mars. D'année en année, les sols s'approfondissent, s'enrichissent en sédiments charriés des collines et deviennent de plus en plus profonds et efficaces pour retenir l'eau et garantir une bonne fertilité.

Structure d'un *khadin*.



Histoire et société

Bien que des vestiges laissent supposer une utilisation bien antérieure (3 000 ans), les premiers *khadin* connus sont aménagés au xv^e siècle par les Brahman Paliwal de Jaisalmer. Ce sont à l'origine des habitants du désert, végétariens, qui quittent les régions de Pali et Marwar pour venir s'installer près de Jaisalmer au xiii^e siècle. Ils investissent les bas-fonds, y aménagent les *khadin* et y cultivent toutes sortes de plantes, même durant les années de sécheresse. Ils pratiquent aussi un peu d'élevage. L'architecture de leurs villages aux larges rues et aux façades sculptées témoigne d'une civilisation avancée et prospère qui a su cultiver le désert et aménager des villes selon un plan d'urbanisme très moderne. Mais les éleveurs semi-nomades du désert se mettent à jalouser la réussite des Paliwal et des dissensions de plus en plus fortes s'élèvent entre les différents groupes sociaux. Les éleveurs s'attaquent aux canaux, amènent leurs troupeaux dans les *khadin* et harcèlent les Paliwal qui parviennent pourtant à défendre leur agriculture et les infrastructures qui la supportent. Au xix^e siècle, la situation empire car les Rajput qui dirigent Jaisalmer se joignent aux nomades pour persécuter les Paliwal. Les *khadin* sont accusés de capter toute l'eau disponible et de provoquer les sécheresses qui se multiplient. En réalité, dans un contexte de sécheresses récurrentes, la population de Jaisalmer s'accroît, l'agriculture conventionnelle se développe et gêne la libre circulation des troupeaux, engendrant les conflits habituels, si bien que les nomades, secondés par les gens de Jaisalmer détruisent de nombreux *khadin*. En 1825, las de tant de persécutions, les Paliwal finissent par quitter leurs villages et leurs fermes, en abandonnant leurs biens. Avec eux les *khadin* disparaissent.

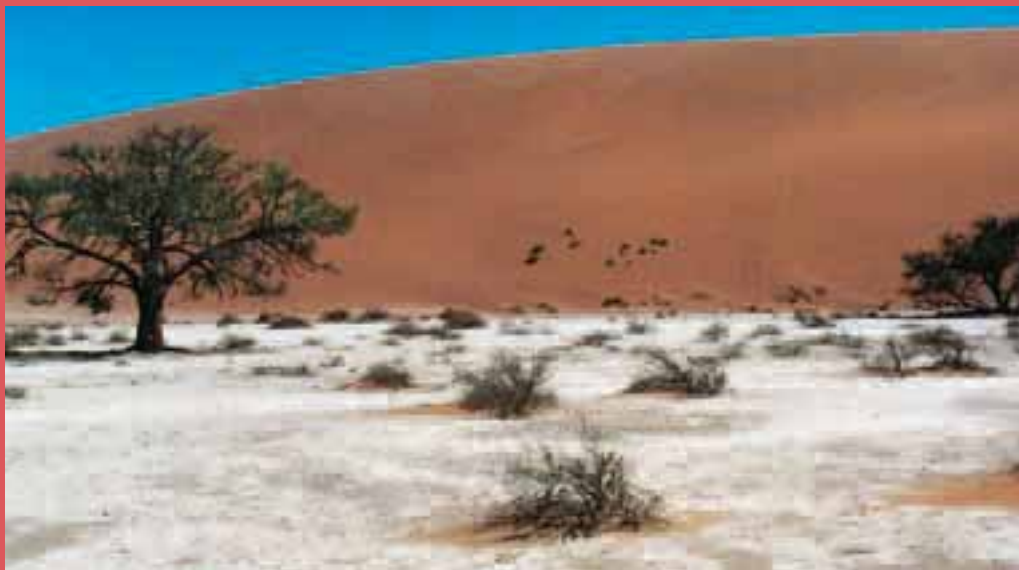
Il a fallu dès lors attendre la fin du xx^e siècle pour que les gouvernements se souviennent de l'efficacité de ces systèmes et les réparent progressivement afin d'améliorer la production agricole d'une population en constante augmentation démographique vivant dans un environnement totalement dégradé. Depuis une cinquantaine d'années, les fermes *khadin* partiellement abandonnées sont remises en état, généralement avec succès, par les paysans soutenus par les projets de développement. Actuellement plus de 500 d'entre elles ont été reconstituées, ce qui correspond à une surface de 12 150 hectares et de nombreuses autres ont été créées, de plus faible dimension. Chacune d'elle est gérée collectivement par 4 à 8 familles. Leur prospérité ancienne, suivie d'un abandon puis d'une réhabilitation, témoigne parfaitement du rôle important que jouent les facteurs sociaux dans l'aménagement d'un terroir, et de l'ambiance conflictuelle propre aux zones arides. Aujourd'hui, les villages désertés des Paliwal sont devenus une attraction touristique et les guides se plaisent à raconter l'histoire malheureuse et les multiples talents de ce peuple industrieux que les générations antérieures ont pourtant chassé des *khadin*, eux-mêmes abandonnés suite à la jalousie qu'ils provoquaient. Ils sont aujourd'hui réhabilités pour nourrir les plus pauvres, sous l'impulsion des ONG. Est-ce que les structures sociales actuelles vont les rendre durables ?

Références

AGARWAL et NARAIN, 1997 ; Government of India, 2002 ; KERR et SANGHI, 1992 ; KOLARKAR *et al.*, 1983 ; PRASAD MERTIA et NARAIN, 2004 ; KOLAVALI et WHITAKER, 1996 ; SHARMA et SMAKHTIN, sd ; TEWARI, 1988 ; <http://www.rain-waterharvesting.org/Rural/Traditional2.html>

Gérer les crues

Oued Tsauchab dans la cuvette de Sosnus en Namibie.



© IRD/Y. Boulvert

La collecte de l'eau de crue (*floodwater harvesting*) est le deuxième volet des agricultures fondées sur la collecte de l'eau de surface en zone aride (*water-harvesting*). Si le chapitre précédent a traité des systèmes destinés à faire face aux sécheresses, celui-là aborde les méthodes destinées à affronter l'inondation, second risque des zones arides. Elles regroupent toutes les techniques utilisant l'eau d'un cours temporaire ou d'un torrent éphémère, issus de pluies diluviennes. Certains auteurs y incluent les méthodes de culture fondées sur la collecte des ruissellements au moyen de grands impluviums qui ont été traitées précédemment. Ces techniques ont bien souvent deux fonctions, celle de collecte de l'eau et celle de capture des sédiments, si bien qu'il est parfois difficile de les distinguer des méthodes classiques d'épandage des crues ou

de limonage à partir d'un cours d'eau permanent (temporairement en crue)¹. Dans ce chapitre, seules les techniques utilisant un cours d'eau ou un torrent temporaire en zone aride sont traitées.

Elles peuvent être classées en quatre catégories : la dérivation d'un petit cours d'eau, les barrages de retenue dans le lit d'un torrent, les systèmes d'épandage des crues sans canaux d'irrigation et les systèmes de canaux de dérivation. Ils sont souvent mêlés au sein d'une même agriculture, aussi cette classification est-elle toute conventionnelle.

La dérivation d'un cours d'eau

Des ruissellements importants se concentrent sur un substrat imperméable, comme les routes, ou sont drainés dans le lit d'un torrent

¹ Ces dernières sont traitées dans le chapitre 9.

habituellement à sec. L'eau est alors dérivée puis dirigée vers des parcelles de culture par des séries de banquettes qui stockent l'eau sur place et humidifient le sol. L'ensemble est parfois rudimentaire, ne consistant qu'en petits barrages détournant de son cours un flux d'eau ou les crues printanières de modestes oueds vers des champs de céréales (Syrie, vallée de l'Euphrate). Mais il existe des structures plus complexes, comme les *caag* de Somalie, banquettes en U délimitant les aires de culture, ou l'agriculture *sailaba* menée au Pakistan sur des terrasses nivelées. L'une et l'autre sont alimentées par un canal de dérivation prenant son eau d'un cours d'eau en crue.

Les barrages de retenue

Des barrages pratiqués dans le lit d'un cours d'eau permettent de retenir les eaux peu tumultueuses et les sédiments qu'elles charrient. Les cultures se font alors directement dans le lit de la rivière ou bien sur des parcelles inondées le longeant. Les plantes cultivées sont adaptées de façon que leur croissance ne coïncide pas avec les périodes de pluies et donc de crue. En zone aride et montagneuse, l'érosion finit par créer des ravines et des goullets dont on profite de différentes manières pour concentrer les ruissellements. La technique la plus simple consiste à aménager une petite parcelle de culture au débouché d'un exutoire. Ce procédé nommé *akchin* dans le sud-ouest des États-Unis, se retrouve sur d'autres continents. La parcelle peut être placée en bas d'une pente, sous une surface rocheuse ou non cultivée, plutôt qu'à la sortie d'un exutoire. Le principe est le même, il s'agit d'utiliser la topographie des lieux pour collecter le maximum d'humidité pour les cultures.

Mais les communautés humaines ont mis aux points des systèmes plus complexes, fondés sur l'aménagement complet des ravines. Celles-ci sont barrées à un ou plusieurs endroits de façon à provoquer l'accumulation des eaux et la rétention des sédiments. Les ruissellements inondent les parcelles en aval, puis, lorsque les sédiments se sont accumulés en une épaisseur de terre suffisante dans les parcelles de retenues, celles-ci sont cultivées. Les cultures étagées se font sur ces parcelles, placées directement dans le lit des torrents temporaires. Les crues intempestives sont écrêtées par des systèmes d'exutoires. Ce mode d'agriculture est illustré par les *jessour* tunisiens qu'on retrouve en Chine dans les zones de loess ravinées (Li SHENGXIU et XIAO LING, 1992) en Inde (*nullah*) et au Népal

(CRITCHLEY *et al.*, 1994), au Mexique (*trincheras*) (KIRKBY, 1973), en Haiti (JEAN, 1992) et autrefois dans le Néguev où des barrages bas ont été directement installés en série dans le lit des oueds. En réalité la construction des barrages de retenue est universelle et se déroule selon des schémas trop variés pour être tous passés en revue. L'emplacement du barrage peut se situer au milieu du bassin versant ou en amont. Il peut être construit en terre ou en pierre. Il peut être unique ou appartenir à une série, s'accompagner ou non de systèmes de drainage. Mais il doit toujours être capable de retenir l'eau tout en la filtrant et s'adapte à la topographie du lieu ainsi qu'au débit du cours d'eau. Ces procédés diminuent le ravinement et restaurent des ravines trop érodées.

L'épandage des crues

Dans les plaines arides, les précipitations soudaines et violentes engendrent des crues de forte amplitude dans les oueds. Il s'agit alors de profiter de ces écoulements lorsqu'ils surviennent et parfois de s'en protéger. Des barrages, souvent sommaires et éphémères, sont placés à des endroits stratégiques et de petits canaux de dérivation permettent de diriger l'inondation de manière à protéger les champs les plus proches des eaux turbulentes et d'étendre la crue aux champs les plus éloignés. Ces méthodes simples ne nécessitent aucune autorité centrale pour être menées correctement et chacun, à l'arrivée de la crue, surveille et aménage ses champs, ajoutant ici et là un obstacle ou recreusant un petit fossé. C'est l'agriculture des oueds (*wadi*) pratiquée de tout temps dans le Maghreb (PÉRENNES, sd) que l'on retrouve sous le nom de « *inondation dirigée* » (terme réservé ici à l'épandage de crue en plaine). On peut en rapprocher l'agriculture *Kair* dans les régions arides de l'Asie centrale (KOVDA, 1961) où les cultures sont menées sur les terrasses inondées bordant le fleuve et, en Amérique, celle des Navajo de l'Arizona qui concentrent et épandent les crues en plaines au moyen de tout un système de barrage en broussailles, en troncs et en piquets de bois.

Les canaux de dérivation

Les grands aménagements de versants, pratiqués dans les régions où les pluies surviennent en orages rares et violents, combinent en amont des méthodes de retenue des eaux et d'aménagement des ravines, associées en aval à des structures de dérivation puis d'épandage

des crues. Ces installations sont souvent complétées par des canaux d'irrigation pour alimenter les champs les plus bas (HAMIDÉ, 1990). Dans les régions au climat moins aride, on utilise aussi des canaux de dérivation installés sur des rivières au flux excessivement variable, comme au Pérou. La fonction est la même : capter l'eau rare et se protéger des crues en les fragmentant ; le procédé repose sur des structures similaires : des barrages rudimentaires et submersibles. Les aménagements comportent tous une série de digues, de murets et de fossés destinés tout d'abord à fractionner les eaux de crues puis à les diffuser sur une grande surface de culture afin d'en augmenter progressivement la superficie tout en enravant le ravinement et le lessivage du sol. Cette agriculture est bien développée dans le sud-ouest de l'Amérique du Nord où elle a été pratiquée par les Indiens pima, papago et yuman (Castetter et Bell, 1942, 1951, cités par EVENARI *et al.*, 1961). Les Hohokam l'ont menée de 500 à 1540 après J.-C. Les constructions habituelles (barrages, digues et canaux) concentrent et redistribuent les eaux d'irrigation provenant soit des eaux de ruissellement, soit d'un cours d'eau temporaire vers les champs cultivés en maïs et coton. Les Zuñi et, à un moindre degré, les anciens Anasazi du Colorado construisent des barrages sur les ruisseaux saisonniers et dirigent l'eau vers des ensembles de terrasses en courbes de niveau, elles-mêmes cloisonnées par des murets de pierres. Les parcelles sont de petite taille et la gestion est communautaire. Citons encore le vaste complexe de Purrón, au Mexique, qui a fonctionné durant 900 ans. Outre l'appareillage de canaux, rigoles et barrages destinés à capter les eaux, ces systèmes comprennent un aménagement soigneux des parcelles. Il

s'agit le plus souvent de bassins ou de terrasses rectangulaires bordés de murets de pierres ou de terre. Ils forment ainsi de petits caissons dans lesquels les eaux captées sont retenues et s'infiltrant avec efficacité dans le sol.

Cette agriculture a également été pratiquée dans le désert du Néguev (**Système nabatéen**). Ces grands ensembles ont alimenté autrefois des surfaces de plus de 100 hectares. Ils débutent en amont par une prise sur un cours d'eau temporaire canalisé par des murs latéraux. Les eaux sont ensuite acheminées vers un canal de dérivation qui alimente lui-même des canaux secondaires. Ceux-ci inondent les terrasses les unes après les autres, l'excédent étant dirigé vers des fossés latéraux. L'eau charrie des sédiments fertiles si bien que l'ensablement oblige à surélever périodiquement le canal et les terrasses. À terme, le système a été abandonné, alors qu'un entretien régulier aurait permis d'éviter l'engorgement. Si la construction de ces périmètres s'est étalée sur plusieurs générations, il a fallu néanmoins qu'à chacune d'elles les ayants droit partagent un intérêt commun pour garantir les entretiens. Une autorité centrale capable de coordonner les travaux d'aménagements et d'entretien, de régler une distribution équitable de l'eau et de garantir les droits de chacun est alors nécessaire au bon fonctionnement du système.

En réalité, ces deux derniers types d'agricultures intègrent les uns aux autres différents procédés qu'il est parfois difficile de différencier. Le chapitre se clôt donc sur ces deux exemples d'agriculture globale du désert, proches par bien des aspects : celle des Nabatéens en Israël et celle des Zuñi dans le sud-ouest des États-Unis.

fiche 29 Le *caag* de Somalie

Nomenclature

Le *caag* (ou *caaq*) est constitué de banquettes de terre collectant les eaux de ruissellement dérivées à partir d'un cours d'eau temporaire. Il utilise l'eau issue de faibles cours d'eau, de petites ravines, de routes macadamisées ou tout simplement d'une zone naturelle définissant nettement un flux de ruissellement. C'est une forme intermédiaire entre la collecte des eaux de ruissellement et la diversion des eaux d'oued.

Localisation géographique

Les *caag* se rencontrent en Somalie, principalement dans les montagnes centrales (région Hiiraan). La pluviométrie de ces régions arides oscille entre 150 mm et 300 mm par an. Ils sont essentiellement aménagés sur des sols calcaires permettant un fort ruissellement (voir aussi *gawan*).

Conduite technique

Installés sur des terrains en pente (supérieure à 0,5 %), ils forment des banquettes successives en forme de « U », alignées les unes aux autres, selon des normes déterminées en fonction de l'expérience de chacun mais en suivant plus ou moins les courbes de niveau. Ils peuvent couvrir des parcelles de près d'un hectare mais la majorité des *caag* ne sont composés que de deux banquettes successives. La hauteur de ces levées de terre est de 50 cm, leur base de 150 cm environ et leur longueur variable de même que leur espacement. L'un des bras latéraux est plus court que l'autre. Les eaux sont captées sur l'aire de ruissellement et dirigées par une rigole vers la première banquette. Elles s'accumulent jusqu'à une profondeur de 30 cm environ et les excédents débordent par le bras le plus court pour se diriger vers la banquette inférieure. La longueur de ce bras doit être déterminée avec soin de façon à assurer une bonne infiltration d'eau dans la parcelle mais éviter l'érosion ou la submersion de la banquette horizontale. En cas de pluies intempestives, les banquettes sont affaissées de façon à faciliter le drainage. On cultive le sorgho et le niébé dans les bassins, ainsi que le sésame. On effectue une à deux récoltes par an et la production annuelle est en moyenne de 415 kg/ha de sorgho et 330 à 530 kg/ha de niébé.

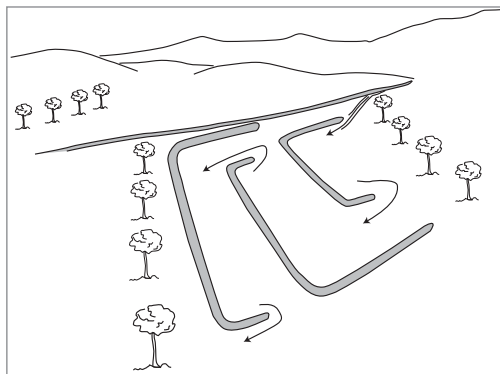
Histoire et société

Les éleveurs qui peuplent le Hiiraan aménagent les *caag* et les *gawan* pour cultiver quelques plantes d'autosubsistance et le fourrage destiné à leur bétail. Ces systèmes rendent possible l'agriculture dans des régions particulièrement arides, mais restent rudimentaires. Ils ne concernent que de petites parcelles situées près d'écoulements naturels. Depuis quelques années des programmes de développement agricole tentent de les améliorer et de les développer pour subvenir aux besoins d'une population éprouvée par les récents conflits. Mais ils restent très mal connus.

Références

CRITCHLEY, 1990 ; REIJ, 1990.

Les banquettes en forme de « U » captent les eaux de ruissellement.



Nomenclature

Au Baloutchistan, l'agriculture *sailaba* désigne un aménagement de versant où les eaux de crues (captées à partir d'un cours d'eau temporaire ou des ruissellements de pente) sont dirigées par un canal vers des zones de capture en terrasses conservant l'humidité. Il en existe plusieurs types en fonction des techniques utilisées pour capter l'eau et la redistribuer. Ce modèle est un type plus sophistiqué de *gawan* à ceci près qu'il est spécifique des zones montagneuses et utilise un système complexe de canaux. On y associe parfois l'agriculture pratiquée sur les larges berges inondées des fleuves, qui retiennent l'humidité une fois que la crue s'est retirée.

Localisation géographique

Ce mode d'agriculture est pratiqué dans les régions montagneuses du Baloutchistan (ou Balushistan), situées sur le plateau iranien et se répartissant entre le Pakistan, l'Iran et l'Afghanistan. La région a un relief accidenté accélérant les ruissellements. Le climat aride présente des étés chauds et des hivers froids. Les pluies d'hiver sont erratiques et parfois violentes, la pluviométrie annuelle oscillant entre 175 et 350 mm. L'agriculture (*kushkaba*) dépend des pluies accumulées dans les zones de plaines ou de la collecte et de la concentration des ruissellements sur les pentes (*sailaba*). Mais elle reste difficile et il n'y a pas plus de deux à trois bonnes années par décennie.

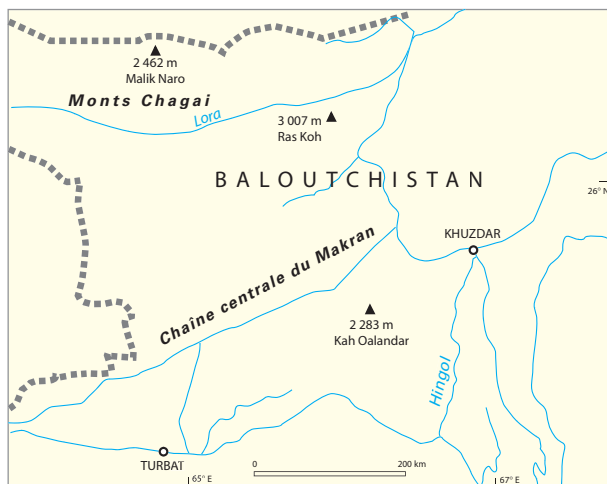
Conduite technique

Les paysans commencent par aménager des terrasses plus ou moins nivelées sur des pen-

tes situées au pied des collines et n'excédant pas 5 %. Chaque terrasse est soutenue par une levée de terre de longueur variable, de un à deux mètres de hauteur et de un mètre de large à son sommet. Lorsque le sol est peu épais, les banquettes sont plus hautes de façon à retenir des sédiments pour augmenter l'épaisseur du sol. La superficie d'une terrasse varie de 3 ha à 7 ha, et un système *sailaba* comporte de 2 à 15 terrasses.

Le captage de l'eau se fait de différentes manières en fonction de la topographie et du caractère des pluies, donnant lieu à des ensembles légèrement différents. On utilise l'eau d'un cours d'eau temporaire en crue, l'eau d'une rivière alimentée par plusieurs cours d'eau temporaires ou des eaux de ruissellement de pente, bloquées par des barrages de terre. L'eau ainsi captée par un canal de dérivation principal est ensuite amenée au coin supérieur de chaque terrasse, directement à partir du canal principal, à l'aide de

Au Pakistan, l'agriculture *sailaba* est pratiquée dans les régions montagneuses du Baloutchistan.

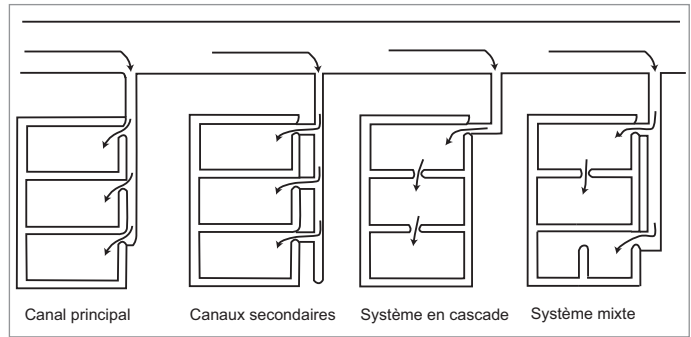


**Différents types de système
sailaba (adapté de KAHLOWN et
HAMILTON, 1996).**

rigoles secondaires ou en passant en cascade d'une terrasse à l'autre. Dans ce dernier cas, des brèches sont aménagées dans les banquettes de façon à laisser passer les excédents dans la terrasse inférieure. Au fil du temps, les canaux principaux, de simples fossés creusés dans le sol, finissent par s'élargir ou se comblent de sédiments. Chaque année, de petits barrages de branchages et de pierre placés aux endroits adéquats permettent d'ajuster les niveaux d'eau de façon que l'eau s'écoule régulièrement de sa source jusqu'aux dernières parcelles. Les sédiments charriés par le courant se déposent dans les parcelles et ce limonage est autant recherché que l'eau elle-même. Les paysans cultivent principalement du blé mais aussi du sorgho et des pois. Le rendement du blé peut atteindre 1 000 kg/ha, celui du sorgho et des pois 500 à 700 kg/ha.

Histoire et société

Le Baloutchistan tient son nom des Baloutches, l'ethnie largement majoritaire qui l'habite. Les Baloutches sont un peuple iranien, venu du nord de l'Inde, qui s'est sans doute mêlé à des populations autochtones et a supplanté les tribus pachtoune et brahous qui vivaient là. L'origine de l'agriculture *sailaba* est incertaine. Aujourd'hui, ces systèmes sont souvent aménagés par des groupes de fermiers dont les terres sont adjacentes et qui réunissent leurs efforts pour les installer. La construction des structures de captage et de diversion des eaux est collective, puis, à partir des canaux principaux, chaque fermier dirige l'eau vers ses pro-



pres champs, selon un schéma déterminé par la topographie. L'aménagement en terrasse des champs et l'installation des déversoirs sont sous la responsabilité de chaque propriétaire. Tous les participants s'entendent pour une bonne distribution de l'eau entre toutes les parcelles et pour un partage des tâches de maintenance. La distribution de l'eau respecte les droits sur l'eau de chacun et les règles de bon voisinage de façon que les terres les plus en aval soient elles aussi bien irriguées. La majeure partie du travail est faite manuellement, mais la construction des banquettes peut être mécanisée. En général, aucun paysan ne peut se joindre ultérieurement à un projet *sailaba* qui fonctionne déjà. Malgré cette entente de départ, les conflits surviennent dès que l'eau est rare.

L'inconvénient majeur de ce mode d'agriculture réside dans la grande variabilité des pluies, en fréquence et en intensité qui entraînent des dysfonctionnements dans l'acheminement de l'eau. Bien qu'efficace, ce mode de culture doit être amélioré avant d'être développé.

Références

BONDURANT, 1988 ; KAHLOWN et HAMILTON, 1996 ; MUSHTAQ, 1990 ; Water resource research institute, 2001.
icimod.org/sus_options/bp_water.htm

Nomenclature

Le terme *Ak-chin* désigne dans la langue des Indiens papago la bouche d'un petit torrent. Dans le sud de l'Arizona, région où vivent les Papago, ces torrents dévalent la montagne dans des ravines bien dessinées puis débouchent dans la plaine alluviale sous forme de large nappe. C'est un lieu de culture très prisé et la parcelle installée à cet endroit est appelée parcelle *akchin*. Le terme a ensuite été employé pour désigner ce type de parcelle, quel que soit le lieu où elle est observée.

Localisation géographique

On les trouve en Arizona, au Nouveau-Mexique et sans doute, sous d'autres noms, dans tout le sud-ouest désertique de l'Amérique du Nord. Les champs *akchin* sont toujours situés au débouché en plaine d'un torrent saisonnier de faible pente. Ils ont aussi été cités en Mauritanie où les parcelles de culture se rencontrent sur les terres alluviales à l'embouchure des oueds. C'est en réalité un procédé que l'on retrouve dans bien des régions arides du monde. Tous les paysans des zones arides vallonnées placent ainsi de petits champs à la sortie d'une ravine.

Conduite technique

La parcelle *akchin* reçoit un aménagement très simple dans la mesure où elle se situe à un endroit naturellement propice à la culture. Une ravine étroite (*arroyo*) collecte les eaux de ruissellement des pentes, mêmes minimes, et concentre un flux hydrique qui dévale sur un lit sableux en charriant les sédiments, les graviers et les cailloux. En bas de pente, ce type de torrent s'épand sur une pente plus faible et la crue ralentie déborde de ses rives tout en y déposant les matériaux lourds que le courant entraîne. Le lit se rétrécit donc progressivement et finit par disparaître, laissant la crue s'étendre doucement en nappe en abandonnant sur le sol ses riches sédiments. C'est là que se situe la parcelle *akchin*. Elle est parfois fermée à son niveau le plus bas par un mur de terre qui maintient la nappe d'eau. On y ajoute en amont de simples barrages pour ralentir une crue trop rapide. La parcelle est elle-même divisée en portions de culture. Un réseau de barrages rudimentaires et de fossés

dirige l'eau de crue limoneuse vers telle ou telle parcelle, à la demande. Tous ces aménagements sont éphémères et reconstruits chaque année. On cultive dans ces parcelles le maïs, le haricot et la courge en plantant profondément les graines de façon à favoriser le développement d'un bon système racinaire, capable de résister à un événement hydrique violent ou à une sécheresse prolongée. L'érosion tend à remanier continuellement la topographie des lieux et à creuser le lit des torrents, ce qui restreint l'épandage naturel de la crue. L'emplacement des plots favorables à la culture, c'est-à-dire humides et chargés de sédiments fertiles, change d'une saison à l'autre, si bien que les paysans doivent choisir chaque année leurs lieux de culture, ce qui les oblige parfois à cultiver assez loin de leur lieu de résidence.

La culture *akchin* est pratiquée dans les régions désertiques de l'Amérique du Nord en particulier chez les Indiens papago du sud de l'Arizona.





© A. Walter

Histoire et société

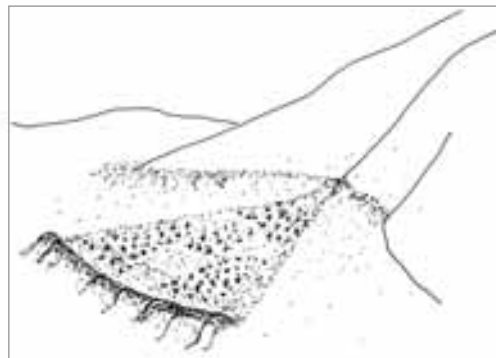
Ce mode de culture a été utilisé par tous les groupes indiens du sud-ouest de l'Amérique du Nord, bien avant la conquête espagnole. Il s'est intégré à d'autres systèmes de capture des eaux de crues, mis au point par des populations qui ont su vivre dans le désert durant près de 2 000 ans (voir plus loin **Agriculture zuni**). Ces communautés de fermiers ont souvent établi leurs fermes près des parcelles *akchin* et ont pratiqué aussi un peu d'élevage, de chasse et de pêche. Ces installations ont progressivement disparu avec la conquête espagnole et surtout avec les transformations sociales induites par l'indépendance des États-Unis. L'apparition des animaux domestiques a nécessité la construction de barrières autour des sites de culture et la production accrue de maïs pour les nourrir, alors que l'agriculture traditionnelle était tournée vers la seule subsistance. Les champs sont devenus des propriétés individuelles fixes alors que les Indiens avaient besoin de suivre l'eau et de changer chaque année leur lieu de culture. Néanmoins, les parcelles *akchin* sont encore pratiquées par les Navajos et les Hopi qui y cultivent le maïs traditionnel, ainsi que la citrouille ou le melon. Il s'agit presque toujours d'un maraîchage à usage familial, très peu commercialisé.

Parcelle de culture au bas d'une ravine, observée ici en Bolivie.

Références

BRADFIELD, 1971 ; BRYAN, 1929 ; GLASSOW, 1980 ; HACK, 1942 ; HACKENBERG, 1974 ; KILLION, 1992 ; MONOD et TOUPET, 1961.

Schéma de la parcelle *akchin*, dans le sud-ouest des États-Unis.



Nomenclature

On désigne sous le nom de *jesser* ou *jesr* ou encore *jisr'* (pluriel *jessour*) un petit jardin en amont d'un barrage de talweg, formé de l'accumulation des sédiments charriés par l'eau qui l'irrigue. On nomme aussi *jessour* l'ensemble formé par le barrage et son *jesser*. Le barrage lui-même est appelé *tabiâ*, terme qui désigne habituellement un petit barrage de terre renforcé de pierres sèches, construit sur des versants ou dans des plaines pour stopper les eaux de ruissellement. Lorsque le barrage est réduit, il prend le nom de *ketra*. Le jardin et le barrage sont complétés par un impluvium, c'est-à-dire une surface érodée du versant servant à capter les eaux de ruissellement. Les *jessour* s'échelonnent sur tout le réseau de ravines d'un versant, créant des ensembles complexes où les écoulements sont dirigés d'un *jesser* vers l'autre. Ils dessinent une succession de petits champs qui cascadenent en terrasse le long du talweg. Ce sont des modèles de captage des eaux de crue par barrage de retenue dans une ravine.

Localisation géographique

Les *jessour* sont propres aux régions semi-arides et montagneuses du bassin méditerranéen, là où la pluviométrie annuelle est comprise entre 100 et 250 mm. En deçà, elle est insuffisante, au-delà l'installation devient inutile. Il faut de plus que les eaux puissent éroder des sols tendres et entraîner les sédiments destinés à s'accumuler derrière les barrages. Les affleurements de limons sont les plus propices à l'installation des *jessour*. Enfin, les talwegs doivent être assez étroits pour être facilement aménagés. On trouve ces conditions réunies en Tunisie, dans la région de Matmata et dans de nombreux djebels au nord, au centre (djebels Semmama, Selloum) et au sud. Les *jessour* ont aussi été aménagés

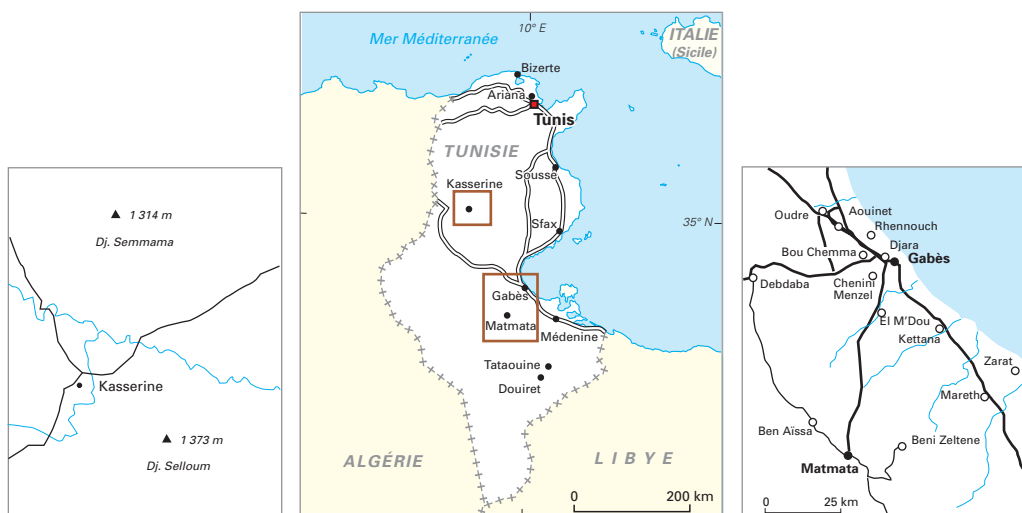
en Tripolitaine (Nefoussa) et sous des noms différents en Libye, en Crète et au Proche-Orient.

Ce mode d'agriculture a aussi été pratiqué dans le sud-ouest de l'Amérique du Nord par les Anasazi du Sonora et par les Navajos.

Conduite technique

La technique des *jessour* est très proche de celle utilisée pour le terrassement des versants mais les zones cultivées n'occupent que les fonds de ravines et sont donc de petite taille.

Région des *jessour* dans le centre et le sud de la Tunisie.





© J. Pouget

Le barrage qui ferme la ravine est constitué d'un soubassement et d'un muret de pierres sèches, rehaussé d'une levée de terre. C'est le *tabiâ*. Sa longueur est généralement de quelques dizaines de mètres sur deux à cinq mètres de hauteur bien que des vestiges de barrages beaucoup plus grands soient observés. Le réseau racinaire de la végétation établie sur les deux versants du *tabiâ* contribue à la stabilité de la structure. Le sommet du *tabiâ* sert de chemin pour circuler entre les *jessour*.

À chaque forte pluie, l'érosion et le ruissellement sur le bassin versant arrachent des limons, des sables, des déjections animales, des pailles et des résidus qui sont entraînés vers la ravine puis s'accumulent derrière chaque barrage pour y constituer un sol fertile. Les quantités d'eau retenues et infiltrées dans le sol sont importantes. Selon certains auteurs (BONVALLOT, 1992), les paysans n'hésitent pas à accélérer l'érosion sur les pentes, lorsqu'ils jugent que le comblement naturel de la parcelle est trop lent, tout en construisant simultanément de petites diguettes afin de diriger les eaux vers le *jesser*. Des déversoirs latéraux sont construits aux deux extrémités du *tabiâ* pour protéger les barrages des crues et freiner la violence du courant en le fragmentant. Les excédents s'écoulent ainsi vers les parcelles échelonnées le long du talweg. Ces déversoirs sont souvent protégés de pierres sèches afin de limiter l'érosion. Leur largeur et la hauteur de leur seuil sont calculées de façon à assurer un bon écoulement hydrique

Jessour au sud de Douiret dans le Sud-Est tunisien. Les magnifiques oliviers tranchent avec l'aridité ambiante.

vers les *jessour* placés à l'aval et un bon écrêtage des crues sans perte excessive de limons ou d'eau. Ces infrastructures exigent donc une surveillance et une maintenance constantes pour être efficaces. Pendant la morte-saison, les paysans occupent une bonne partie de leur temps à réparer les brèches, surélever les *tabiâ*, déloger les petits animaux fouisseurs et contrôler les déversoirs.

À terme, les agriculteurs disposent d'un sol riche et humide qui leur permet de cultiver des fruitiers (oliviers, amandiers, figuiers, abricotiers, palmiers dattiers) entre les rangs desquels ils plantent l'orge, les fèves, les lentilles, les petits pois, les pastèques et les oignons à l'automne si les pluies sont encore suffisantes. Des figuiers de barbarie et des acacias épineux sont plantés près de la digue, là où le sol est le plus profond et le plus humide. Ils forment des haies défensives et assurent un complément alimentaire au bétail. Le rapport impluvium/ zone plantée se situe entre quatre et dix et la parcelle cultivée dépasse rarement 0,25 hectare. Il s'agit d'une agriculture intensive sur de petites surfaces, le principe étant le même que celui des oasis. Un puits creusé en aval du *tabiâ*, là où de petites nappes phréatiques se forment, permet l'extraction d'eau supplémentaire,



© É. Roose

Dans l'arrière-pays tunisien, les collines à sols calcaires ou à roches riches en fer connaissent une pluviosité trop faible pour des cultures sur versants. Mais la zone est propice à la construction de petits barrages en terre devant lesquels vont s'accumuler l'eau et les sédiments emportés par l'érosion. On y plante d'une part des arbres fruitiers (olivier, palmiers, figuiers), d'autre part des cultures à croissance rapide (pois, céréales) et des légumineuses.



© É. Roose

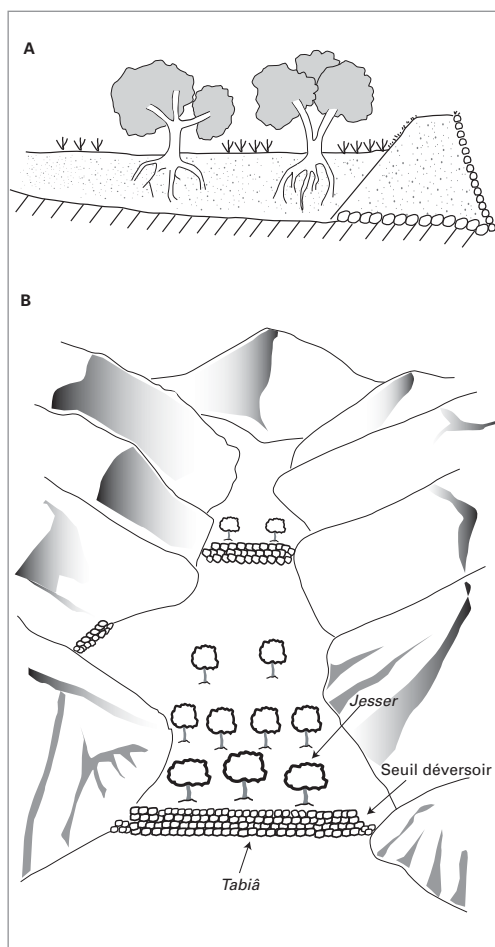
en particulier pour arroser les jeunes arbres. On considère que chaque paysan possède en moyenne cinq à six *jessour*.

Histoire et société

Les *jessour* aménagés dès l'Antiquité ont soutenu avec les *meskat* et les *tabiâ* une économie de subsistance dans ces régions péri-désertiques où résidaient jadis des implantations humaines importantes. La construction de ces ensembles a reposé sur une excellente connaissance des flux hydriques et de leurs variations, et prévoyait leur destruction éventuelle par les phénomènes climatiques les plus violents. Leur mise en œuvre a nécessité un gros travail de maintenance et une surveillance continuelle, ce qui implique une présence constante des paysans sur leurs terres.

Aujourd'hui, les jeunes partent vers les villes à la recherche d'emplois, privant les zones rurales de la main-d'œuvre nécessaire, les villages de montagne se dépeuplent au profit de la plaine, et les *jessour* sont progressivement abandonnés. Certains d'entre eux ont été restaurés et remis en culture dans plusieurs pays méditerranéens (Tunisie, Libye, Crète). À la fin des années 1980, il y avait en Tunisie 400 000 hectares de terres alimentées par des *jessour*, à la suite d'intenses programmes de réhabilitation de ces structures. La contribution financière des pouvoirs publics a permis, et parfois a imposé, l'adjonction d'un déversoir central ou *masraf*. Il est constitué de deux murets de pierres sèches, voire de béton, encadrant un seuil déversant muni d'escaliers en pierres taillées à l'aval. En réalité, ce lourd déversoir statique ne peut ni s'élargir pour accepter les plus fortes crues, ni résister aux affouillements de l'eau. La crue, trop fortement freinée derrière le *tabiâ* déstabilise la base du *masraf*, ébranle le barrage et finit par détruire tout l'ensemble, endommageant alors tous les *jessour* placés à l'aval. Comme le savent très bien les paysans, une certaine fragilité des structures est le gage de leur pérennité. De plus, le seuil ne peut être rehaussé et disparaît progressivement sous les sédiments accumulés. Il apparaît donc que, dans bien des endroits, la réhabilitation des *jessour* ne nécessite pas la construction des *masraf*.

Parallèlement à la désaffection progressive des zones montagneuses au profit des piémonts et des vallées, plus attractifs, d'autres aménagements se mettent en place tels que les systèmes de digues construits à l'aide de tracteurs et de pelleteuses sur les piémonts. Mais ces constructions ne sont pas aussi per-



**Coupe (a) et disposition (b)
d'un *jessour* tunisien
(adapté de BONVALLOT, 1986
et CRITCHLEY *et al.*, 1994).**

formantes que l'étaient les *jessour*. En ralentissant l'eau de l'amont vers l'aval, les *jessour* contribuaient à protéger les fonds de vallée des plus grosses crues, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. C'est ainsi que les méthodes de mise en valeur des zones montagneuses arides disparaissent en même temps que les paysans, qui possédaient les savoir-faire et connaissaient les techniques astucieuses de leur mise en œuvre.

Références

BLADY, 1997 ; BONVALLOT, 1986, 1992 ; DESPOIS, 1961 ; EL AMAMI, 1984 ; ENNABLI, 1993 ; MAINGUET, 1994 ; OUESSAR *et al.*, sd ; ROOSE et SABIR, 2002 ; SGHAIER et CHEBANI, 1997 ; SGHAIER *et al.*, 2002 ; SNANE et MECHERGUI, 1996.

Nomenclature

Le principe de l'inondation dirigée, encore appelée épandage de crue, est de freiner la violence des eaux sans arrêter le flux et de conserver la plus grande quantité d'eau possible afin de l'étendre et de l'amener au plus grand nombre de champs possible. Elle est obtenue en plaçant et déplaçant des obstacles submersibles à des endroits stratégiques. La méthode s'applique aux grandes plaines ouvertes et se distingue en cela des modes d'agriculture similaire pratiqués dans le Néguev (Agriculture des Nabatéens) et l'Arizona (Agriculture *zuñi*), plus montagneux. Il n'y a pas, à proprement parler, de maîtrise de la crue mais plutôt une utilisation habile des eaux à l'aide de quelques aménagements destinés à étaler la crue au maximum.

Localisation géographique

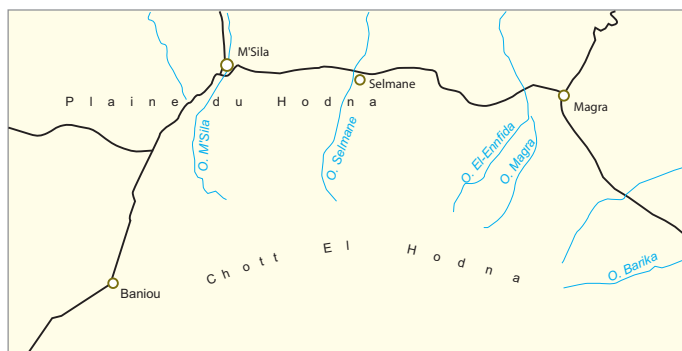
Cette agriculture, très ancienne, est le propre des régions arides soumises à des pluies rares mais toujours dévastatrices. On la rencontre un peu partout en Afrique du Nord sur la bordure septentrionale du désert, en particulier en Tunisie mais aussi en Algérie. On la retrouve en Syrie (plaine de la Nuqra dans le Hawran), en Asie et sans doute dans plusieurs autres lieux. Elle était aussi utilisée dans le bassin du Nil où les crues étaient dirigées vers des bassins d'irrigation soutenus par des levées de terre, dans lesquels les sédiments fertilisants étaient rete-

nus. L'exemple donné ici est celui de la plaine du Hodna, en Algérie, très bien décrite par PÉRENNÈS (1993). La plaine du Hodna (400 m d'altitude) est située à la jonction du Tell et du Sahara. C'est une région aride qui reçoit entre 200 mm et 300 mm de pluie par an. Elle est traversée par des oueds larges, mal délimités, à sec la plupart du temps mais dans lesquels l'eau arrive soudainement et impétueusement, charriant des matériaux de gros volumes, très érodants. Après de longues périodes de sécheresse, les courtes périodes d'inondation surviennent ainsi sans prévenir.

Conduite technique

Lorsque l'oued est à sec on creuse dans son lit, si possible au niveau d'une de ses courbes, un fossé oblique. Puis on y empile de la terre, des branchages ainsi que des galets et des pierres de sorte à élever un barrage de dérivation souple, pouvant être facilement détruit en cas de crue trop forte. Il n'est pas perpendiculaire au courant mais placé légèrement en diagonale de façon à faire face à une moindre poussée des eaux. En amont, un canal de dérivation est creusé joignant le lit de l'oued à la zone de culture. À partir de ce canal, un réseau de rigoles

bordées par des levées de terre achemine l'eau jusqu'aux différentes parcelles, elles-mêmes entourées d'un sillon périphérique. Tous les barrages de dérivation secondaires sont construits souplement pour être,



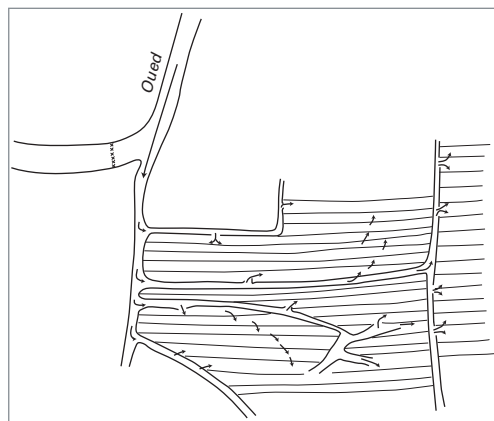
La plaine du Hodna en Algérie.

eux aussi, emportés sans dommage par les crues les plus fortes. Le problème principal réside dans l'imprévisibilité des crues. Quand elles sont trop fortes, elles emportent les barrages des parcelles les plus proches mais inondent correctement les plus éloignées. À l'inverse, une crue faible irrigue correctement les parcelles d'amont mais prive d'eau les parcelles d'aval. Néanmoins, les paysans peuvent compter sur une première irrigation au moment des semailles, une deuxième au cours de l'hiver, une troisième au printemps et une dernière en été pour les blés tardifs.

Dans la plaine du Hodna, le parcellaire est organisé en longues lanières étroites et le réseau de rigoles n'adopte pas de motif particulier. Mais ailleurs, comme en Syrie, ces réseaux et canaux de dérivation peuvent suivre un modèle en arêtes de poisson, en pattes d'oie, en arborescences ou en peignes. Les réseaux hydrographiques de deux oueds différents peuvent être eux-mêmes reliés par un canal de façon à faire profiter toute une région de pluies parfois locales. Tout dépend de la topographie et repose sur le principe de base qui vient d'être exposé, toutes les variantes étant possibles. Notons que le modèle le plus simple n'adopte ni canal ni rigole mais laisse la crue s'étendre librement, à partir d'un barrage de dérivation. Au moment de la crue chacun place alors son fagot, son muret ou son obstacle pour étendre et diriger les eaux.

Histoire et société

La plaine du Hodna est occupée par des éleveurs nomades qui pratiquent aussi une agriculture extensive de céréales. Dans cette région aux confins de deux zones géographiques, les règles sociales de répartition de l'eau empruntent à l'une et à l'autre : parfois le droit foncier prédomine, parfois c'est le droit sur l'eau. Pour pallier les désavantages dus à la position géographique de la parcelle et donner à chacun les mêmes chances, l'attribution des parcelles entre les familles est faite chaque année et une rotation entre les parcelles d'amont et celles d'aval permet à chacun de cultiver tour à tour chacune d'entre elles. Cette régulation sociale demande une grande cohésion du groupe et une autorité locale forte. Le



L'inondation dirigée à partir d'un oued
(adapté de PÉRENNÈS, 1993).

travail de réparation des rigoles est important et réclame quant à lui une grande main-d'œuvre et une surveillance régulière. Comme on peut l'imaginer, seules la force des structures communautaires, la discipline de chacun et des valeurs fondées sur la solidarité et l'entraide permettent de maintenir en place de tels systèmes, pour le bénéfice de tous. Dans ces contextes les techniques et l'organisation sociale des communautés sont totalement adaptées à un environnement contraignant qu'il faut exploiter mais aussi protéger. D'un commun accord, on laisse donc faire plus ou moins la nature en s'appuyant sur des règles sociales strictes pour compenser l'imprévisibilité des phénomènes naturels et le manque de structures agricoles pérennes, qui seraient finalement peu adaptées. Au moment des indépendances, la transformation de la société et l'usage généralisé des barrages en dur, peu efficaces et rapidement détruits, ont peu à peu fait disparaître ce mode d'agriculture. Il persiste néanmoins dans des régions peu favorisées ou plus isolées et connaît actuellement, comme toutes les techniques de collecte des eaux, un regain d'intérêt.

Références

BRAEMER, 1990 ; DESPOIS, 1953 ; MAHFOUDH *et al.*, 2004 ; PÉRENNÈS, 1993.

Nomenclature

La méthode nabatéenne conclut une dynamique d'aménagement hydraulique qui s'est déroulée en trois phases entre 1 000 avant J.-C. et 630 après J.-C. Elle a successivement utilisé l'épandage de crue, la diversion des eaux d'oueds en crue et la collecte des ruisselements sur pente. On traitera ici en priorité le système de diversion des eaux de crue et la collecte des ruisselements.

Localisation géographique

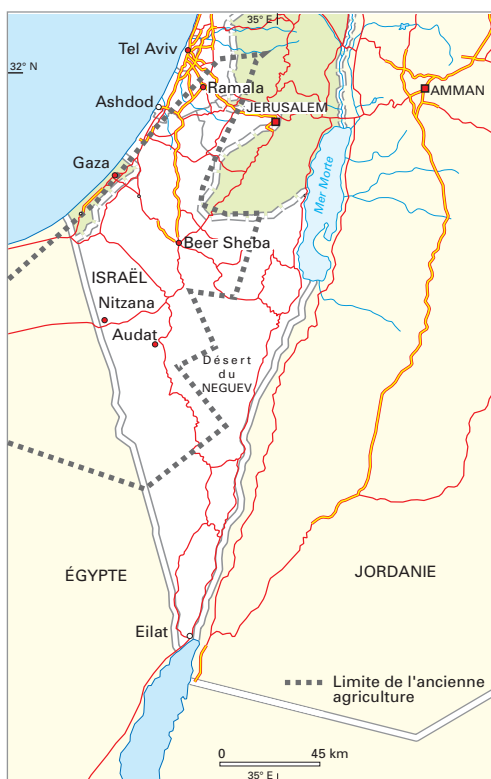
Le Néguev est une région de forme triangulaire dont la base relie Gaza à la mer Morte et dont le sommet est marqué par la ville d'Eilat dans le golfe d'Aqabah. Il présente plusieurs régions distinctes, chacune étant marquée par un climat et un type d'agriculture particuliers. Les zones les plus densément peuplées ont été celles de l'étroite plaine située à l'ouest en arrière de la frange côtière et celle des montagnes qui la jouxtent à l'est. La plaine étroite est située à 200-400 m d'altitude. C'est une zone de collines calcaires surmontant des plaines alluviales elles-mêmes traversées par des oueds venus des montagnes adjacentes. Celles-ci s'élèvent jusqu'à 1 000 m d'altitude et sont composées d'une série de versants entrecoupés d'étroites plaines alluviales que les oueds traversent. Les pluies sont imprévisibles et tombent en brèves ondées de 10 mm par jour, la pluviométrie annuelle dépassant rarement 100 mm. Néanmoins, il existe des terres fertiles en quantité suffisante pour pouvoir y mener des cultures d'hiver, lorsque les températures et l'évaporation sont moins intenses.

Conduite technique

La dérivation des eaux de crue à partir d'un oued n'est fonctionnelle que pour les pluies supérieures à 10 mm, capables d'engendrer un flux hydrique. La méthode consiste à barrer un oued d'une structure en pierres souple, de façon à élever le niveau de l'eau, puis de dériver cette eau dans un long canal de pierre (400 m environ), vers une zone de culture d'une dizaine d'hectares. Cette zone est compartimentée en série de terrasses assez larges, légèrement inclinées dans le sens de la crue et entourées d'un mur de pierre. Chaque série reçoit son eau par un canal secondaire puis les terrasses supérieures alimentent les suivantes au moyen de déversoirs. L'eau déversée au moment de la crue irrigue les terrasses, s'infil-

tre dans le sol et permet de cultiver les céréales. Mais elle charrie aussi des sédiments et, au fil du temps, le niveau des terrasses s'élève. Il faut alors surélever le canal de dérivation. À terme, le système n'est plus opérant si l'entretien est trop exigeant en main-d'œuvre.

La région du Néguev en Israël.



Système hydraulique ancien

Anciennes terrasses observées à Audat, un important site nabatéen du Néguev, entouré de nombreuses fermes pratiquant l'agriculture de désert, entre le ^ve et le ^{xiii}e siècle.
<http://www.mnemotrix.com/adasr/> (Ancient Desert Agriculture Revived)



Vue générale



Vue des terrasses



Plantation d'arbres irriguée par les eaux de ruissellement, dans une ferme réhabilitée à Nitzana.



Au printemps suivant, un tapis herbeux s'étend au pied des arbres qui sont eux-mêmes suffisamment irrigués pour poursuivre leur croissance.

(<http://www.mnemotrix.com/adasr/>)

Lorsque les pluies sont inférieures à 10 mm, les ruissellements sont captés sur les pentes. Le loess du désert présente la particularité de former une croûte de surface quand il est humidifié. Cette croûte imperméable favorise les écoulements, qui se mettent en place pour de faibles ondées, mêmes inférieures à 6 mm journaliers. L'aménagement du désert par les Nabatéens a donc consisté à augmenter le ruissellement sur les pentes, au besoin en reti-

rant les pierres ou le gravier pour provoquer rapidement la formation d'une croûte, puis à diriger cette eau vers des zones de cultures situées en contrebas. Ce procédé, qui rappelle l'*agriculture sailaba*, a sans doute été utilisé en même temps que les grands systèmes à diversion de crues auquel il a survécu. Chaque unité comprend un petit impluvium inférieur à 100 hectares, partagé en petites surfaces par des murets, ainsi qu'une zone de culture

ceinturée par un mur de pierre et cloisonnée en terrasses par des murets bas. Si une seule aire de capture correspond à une seule aire de culture, chaque compartiment de l'impluvium est mis en relation avec une terrasse, par l'intermédiaire d'un petit canal. Un jeu de murets, de déversoirs et de rigoles permet ensuite de distribuer l'eau dans chaque parcelle, au gré des besoins et en fonction des disponibilités. Ce compartimentage assure une plus grande maîtrise des eaux de pluie, écrête les crues éventuelles et assure une irrigation équitable à chaque parcelle. En moyenne, 20 à 30 hectares de surface de capture (collectant 15 % à 20 % des pluies) permettent d'irriguer un hectare de culture. Plus la zone de capture est vaste et située en hauteur, plus la surface de terre irriguée est étendue.

Histoire et société

La région du Néguev est un très ancien site de peuplement, déjà occupé 4 000 avant J.-C. Mais l'agriculture fondée sur la maîtrise des crues n'est réellement pratiquée qu'à partir du ^x^e siècle avant J.-C., ou peut-être un peu avant. Elle est particulièrement florissante entre le ⁱⁱ^e siècle avant J.-C. et le ^{vi}^e siècle après J.-C. lorsque la région est occupée par les Nabatéens. Ce sont des éleveurs et des agriculteurs qui contrôlent aussi l'importante route de l'encens. Pour nourrir leur population et les immenses caravanes passant par leur territoire, les Nabatéens développent alors une agriculture ingénieuse dans ces déserts arides. Plus tard, les Romains envahissent la région et s'y installent en 200 après J.-C. puis les Byzantins en 330. Ils apportent tous les deux leurs connaissances en hydrologie et développent des systèmes hydrauliques performants. Néanmoins, les problèmes d'érosion sur les pentes et dans les oueds transforment progressivement la topographie des lieux et infléchissent l'évolution des systèmes d'agriculture.

Là où les oueds sont larges et peu profonds, une agriculture par épandage de crues est pratiquée près des cours d'eau. L'abandon de cette technique, sans doute consécutive à l'abandon de la région, entraîne une forte érosion par les crues d'oueds qui, non maîtrisées et non épandues, creusent progressivement des lits profonds dans les plaines.

Les communautés qui réinvestissent la région doivent adopter un système de dérivation des eaux de crues à partir de ces cours d'eau encaissés et souvent à sec. Outre des connaissances techniques, l'aménagement des structures nécessite la présence d'une autorité

forte, capable de financer les aménagements, d'organiser les travaux et de coordonner la répartition des eaux entre les terres de chaque famille. Ces systèmes sophistiqués sont donc la marque des Romains et des Byzantins. Leur maintenance est assurée durant quelques centaines d'années au prix d'un travail constant. Il faut régulièrement curer les canaux engorgés, surélever le canal de dérivation, renforcer le barrage de retenue, drainer les terrasses pour ralentir leur salinisation. À un moment donné, l'entretien de ces vastes réseaux hydrauliques devient trop coûteux et trop difficile, la main-d'œuvre est insuffisante et l'autorité centrale s'affaiblit de sorte que l'entretien des grands systèmes à épandage devient impossible. Ils sont abandonnés.

Les Nabatéens s'adaptent aux nouvelles conditions de leur territoire et développent alors les méthodes de capture des ruissellements par de petits impluviums, technique qu'ils ont utilisée auparavant de façon complémentaire. Mais tout le monde ne peut pas pratiquer ce mode d'agriculture en raison d'un droit sur l'eau plus fort que le droit sur la terre. En effet, seuls ceux qui possèdent un droit d'eau sur une zone de la colline peuvent aménager une ferme sur les terres en contrebas. La superficie de ces parcelles d'impluvium varie elle-même de 10 à 100 hectares. Les fermiers ainsi pourvus utilisent la moindre goutte d'eau captée sur leurs impluviums et, en cas d'excédent, ouvrent une nouvelle terrasse en aval ou alimentent une citerne. La société, à cette période, fait face à de profondes transformations mais l'agriculture du désert perdure encore, peu ou prou.

La conquête arabe, en 630, marque la fin de cette période et la disparition de l'agriculture si florissante du Néguev. Désormais, seuls les Bédouins habitent ces terres et les cités nabatéennes disparaissent. On tente actuellement de remettre en état les fermes datant de l'époque byzantine, pour la production de pistachiers, d'amandiers et d'orge. L'Unesco tente quant à lui d'inscrire les cités nabatéennes situées sur la route de l'encens, ainsi que les paysages agricoles afférents, au patrimoine de l'humanité.

Références

ADAMS, 1981 ; BOERS et BEN-ASHER, 1982 ; BRUNS *et al.*, 1986 ; EVENARI *et al.*, 1961 ; HELMS, 1981 ; NATIONS UNIES, 1999 ; UNESCO, 2003.

Nomenclature

Les Zuñis sont les descendants des Indiens du Sud-Ouest américain qui ont su établir une agriculture prospère dans une zone désertique durant près de 2000 ans. Toute cette agriculture a été fondée sur la collecte et la maîtrise de crues d'orage, selon des procédés variés dont l'épandage de crue et la dérivation de cours d'eau éphémères. Les Zuñi représentent donc un excellent exemple de la façon dont ces systèmes peuvent s'intégrer au sein d'une agriculture florissante.

Localisation géographique

Les Zuñi ont traditionnellement occupé la partie centrale et septentrionale de l'actuel Arizona et du Nouveau-Mexique, aux États-Unis. Ils sont aujourd'hui installés sur le plateau du Colorado entre 1800 et 2300 mètres d'altitude. Dans cette région, la majorité des pluies survient entre juillet et septembre, sous forme d'orages violents et très érosifs, le reste durant l'hiver, sous forme de neige et de faibles pluies. La pluviométrie annuelle ne dépasse pas 300 à 400 mm. Depuis la fin du XIX^e siècle, la région fait face à une désertification progressive due autant à des facteurs humains qu'à des facteurs climatiques.

Bien que les techniques de dérivation et d'épandage des eaux d'orage soient associées aux Zuñi, elles ont été en réalité très répandues dans le Sud-Ouest américain durant le dernier millénaire, comme l'attestent les vestiges agricoles existant près de la majorité des sites archéologiques situés au-dessus de 2000 mètres d'altitude : Chaco canyon, Mesa Verde (Anasazi) et Casas Grandes. Toute la région a connu, à un moment ou à un autre, une agriculture fondée sur la récupération des eaux de ruissellement, avec ou sans dérivation et épandage. Cette agriculture est encore pratiquée aujourd'hui par les Hopi, les Tohono O'odham, les Navajos et bien sûr les Zuñi.

Conduite technique

Dans cette région accidentée, les genévriers (*Juniperus* spp.) et les pins (*Pinus edulis*) qui couvrent les hauts de pentes sont intentionnellement préservés, afin de stabiliser et d'enrichir le sol tandis que les crues d'orage, très violentes, érodent le terrain, charriant les sédiments vers

les champs cultivés. Plus bas, l'eau et les sédiments sont collectés, divisés, acheminés et répandus sur les cultures par des barrages de pierres, des diguettes et des fossés disposés en damiers. La première étape consiste à choisir correctement le site de culture. Il doit être situé là où la terre enrichie de limons est fertile et là où les ruissellements engendrés par les pluies d'orages peuvent être à la fois collectés et maîtrisés. Il existe trois emplacements privilégiés auxquels correspondent trois systèmes de culture.

Le premier est représenté par les petites parcelles en bas de pente, à proximité ou en dessous d'une zone rocheuse servant d'impluvium. Elles sont généralement terrassées avec une surface convexe pour se protéger d'un excédent hydrique, et elles sont soutenues par un muret de pierres. Les pluies, même faibles,

Les techniques des Indiens zuñi, sont très répandues dans le Sud-Ouest américain.



provoquent un fort ruissellement, capté sur les champs cultivés. Il ne semble pas qu'elles aient été très fréquentes. Le deuxième système de culture concerne les débouchés des petits torrents temporaires dans la plaine alluviale. C'est la parcelle *akchin*, fréquente en Arizona et au Nouveau-Mexique. Le troisième est situé en plaine en bordure des cours d'eau temporaires dont la crue peut être épandue ou dérivée au moyen d'un canal puis de digues, de barrages et de rigoles. Le système rappelle celui qui a été pratiqué dans le Néguev (*Système nabatéen*). Il peut être aussi mis en œuvre sur la partie inférieure d'un versant.

Enfin, les Zuñi ont aménagé de petits jardins près de leurs lieux de résidences auxquels on a donné le nom de jardins en gaufre (*waffle garden*). Ces jardins rectangulaires sont compartimentés par des levées de terre ou des murets de pierre qui enserrant la zone de culture, les parcelles ainsi que les carrés de culture de 45 cm à 60 cm de côté. Ces structures en grille conservent l'eau de pluie, de ruissellement ou d'irrigation au pot, retiennent le sol, protègent du vent et diminuent l'évaporation. Bien que de petite taille, ils réclament une grande somme de travail, généralement assurée par les femmes. On y cultive toute sorte de plantes : piments, légumes, salades, tomates et bien d'autres. Ce type de jardins n'est d'ailleurs pas propre aux Zuñi et on les retrouve dans divers pays arides.

Les Zuñi ont cultivé pour leur subsistance le maïs, les haricots, la citrouille, le melon et le poivre puis, après le contact européen, des plantes introduites telles que le blé. Les terres de chaque paysan sont marquées par des levées de terre et des empilements rocheux aux quatre coins. L'agriculture, viable à long terme sans dégradation des ressources (au contraire elle restaure la fertilité du sol), requiert beaucoup de temps disponible afin de maintenir les structures en bon état et de les réparer sans attendre. La coopération qui a existé autrefois entre les fermiers est fondamentale, comme dans tous ces systèmes où l'eau rare doit être gérée collectivement sans accaparement individuel.

Histoire et société

L'Arizona et le Colorado ont été peuplés il y a environ 11 000 ans. Mais les structures agricoles complexes destinées à recueillir les eaux de ruissellements et de crues datent de l'époque des Anasazi. Au ^{xii}e siècle de notre ère, la survenue de sécheresses successives et une détérioration des aménagements entraî-

nent des famines puis la disparition partielle de ces populations. Les Zuñi, de même que les Hopi, sont les descendants des populations Anasazi et de leurs voisins. Ils ont eux-mêmes pratiqué la collecte des eaux d'orages afin de cultiver le maïs pour leurs propres besoins. Ces fermiers sédentaires ont été suffisamment prospères pour produire chaque année de quoi satisfaire leurs besoins de subsistance mais aussi un surplus substantiel destiné aux échanges et au stockage, utilisé durant les mauvaises années. L'imprévisibilité des pluies, en fréquence et en amplitude, ainsi que la forte érosion sévissant dans la région entraînent un remaniement constant de la topographie. L'emplacement des parcelles *akchin* varie, les cours d'eau changent leur lit, une crue trop soudaine risque de détruire les cultures. Les Zuñi ont donc été des observateurs attentifs de l'environnement, sachant aussi bien s'adapter à ses fluctuations que prévoir les risques encourus. Une forte religiosité et une structure sociale particulière, valorisant et protégeant l'agriculture, leur ont permis de mener une agriculture souple et adaptative fondée sur la mobilité des parcelles, leur diversité et surtout leur surveillance et leur maintenance continues. Bien que la gestion des terres et de l'eau ait reposé sur la communauté, il fallait néanmoins qu'elle ait, au niveau local, un pouvoir suffisant pour organiser les travaux et l'entretien des structures. À ce prix, le désert a pu être cultivé. Lorsqu'en 1846, le gouvernement américain impose sa loi sur toute la région, les Zuñi en sont le groupe de population dominant.

Signalée dès l'expédition de Coronado en 1540, cette agriculture a connu son apogée de 1850 à 1870, lorsque des bases militaires américaines se sont installées, ouvrant un marché rémunérateur pour le maïs. Les Zuñi ont alors intensifié leur agriculture pour répondre à cette nouvelle demande et ont mis en culture de vastes superficies (près de 4 000 ha), tout en suivant leurs méthodes traditionnelles. L'accès à l'eau était contrôlé par les communautés et les conflits peu fréquents. Les Zuñi produisaient aussi du sel et pratiquaient l'élevage. Lorsque le débouché commercial s'est écroulé brutalement, les Zuñi ont dû se reconverter dans d'autres activités dont la joaillerie où ils ont excellé, au détriment de leurs équipements agricoles qu'ils ont progressivement délaissés. À ce moment, les États-Unis avaient réduit leur territoire à moins de 10 % de sa superficie initiale.

Après une longue période de stabilité, durant laquelle la terre a été cultivée avec soin, une



© Jesse Nusbaum, Courtesy Palace of the Governors (MNM/DCA)

période de déclin est apparue. Le sol subit alors une érosion accrue et la région une désertification progressive. Dans ce cas, c'est l'abandon de l'agriculture qui a été responsable de la désertification et non l'inverse, comme cela s'est sans doute produit au ^{xii}^e siècle. Le développement agricole engagé ultérieurement a entraîné une dissociation des terres en zones irriguées et en pâtures, bouleversant l'ancienne tenure foncière et faisant inévitablement éclater des conflits. La dégradation des aménagements anciens a été progressive, marquée par la destruction graduelle des canaux par les crues, tandis que la forte érosion sévissant dans la région a entraîné l'engorgement rapide des grands barrages et des réservoirs, nouvellement construits par les ingénieurs. La réserve des Indiens zuñi a été créée en 1877. L'ensemble des petites fermes dispersées a été très vite délaissé au profit d'un habitat plus urbain. Les activités agricoles sont toujours pratiquées autour des anciennes fermes mais celles-ci sont peu occupées et la majorité des exploitants préfère revenir chaque soir en ville. Depuis quelques décennies, un renouveau d'intérêt pour les savoirs traditionnels conduit à la réhabilitation des anciennes structures, au prix de plusieurs améliorations. Le

Confection d'un jardin en gaufre par les anciens Zuñi (Nouveau-Mexique, 1910-1911?).

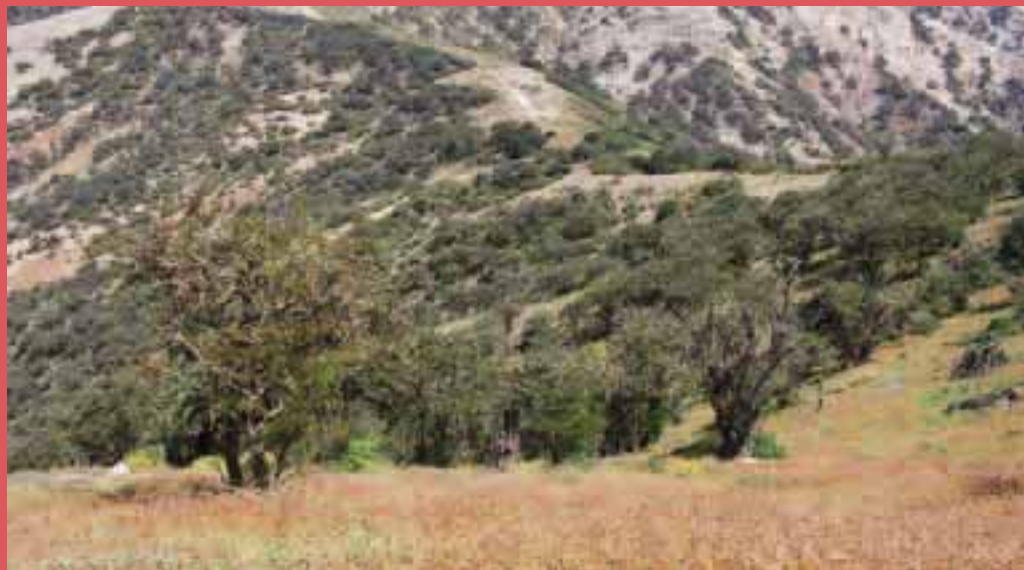
savoir ancien attaché à ces systèmes de culture a néanmoins disparu. D'un autre côté, les communautés ont adapté leur système social aux nouvelles conditions et, par un jeu d'héritages et de mariages bien réfléchis, peuvent avoir accès à l'indispensable diversité des types de parcelles à cultiver. Les Zuñi sont aujourd'hui un peuple moderne toujours tourné vers l'agriculture. Celle-ci leur permet de subvenir à leur besoin et parfois de produire un surplus commercialisable, sous le label culture biologique.

Références

BOHRER, 1960 ; BRYAN, 1929 ; CLEVELAND *et al.*, 1995 ; DONKIN, 1979 ; EGGAN et PANDEY, 1979 ; ERDMAN *et al.*, 1969 ; KINTIGH, 1985 ; LEIGHTON et ADAIR, 1963 ; NABHAN, 1984 ; NORTON *et al.*, 1997 ; PAWLUK, 1995 ; PERRAMOND, 1994 ; SPENCER et JENNINGS, 1965 ; WELLS *et al.*, 1983 ; WOOSLEY, 1980.

Freiner l'évaporation et retenir les brouillards

Bosquet de taras dans la partie haute des *lomas* d'Atiquipa (Pérou).



© F. Moutarde

Le vent et le brouillard exercent une forte influence sur la façon dont l'agriculture peut être menée en zone aride. Le vent dessèche le sol et accélère l'évaporation tandis que les brumes et les brouillards sont porteurs d'une humidité qui favorise la croissance des plantes. Pour freiner l'évaporation et capter les brumes, les hommes ont élaboré au cours du temps des procédés astucieux.

Freiner l'évaporation

Dans les régions arides, un vent important joint à des températures élevées provoque une forte évaporation de l'eau et un assèchement du sol suivis d'une érosion intense. Les pluies, courtes mais violentes, érodent aussi le sol par leurs gouttes qui frappent la terre et par leurs forts ruissellements qui engendrent des ravines. Enfin, les différences de température entre le jour et la nuit soumettent les cultures à des stress thermiques. Pour lutter contre

tous ces problèmes, des sociétés humaines ont pris l'habitude de couvrir le sol de leurs champs cultivés avec des graviers, des cailloux, du sable ou des cendres volcaniques. Il s'agit en somme d'un paillage lithique connu dans la littérature anglo-saxonne sous les termes de *gravel mulch fields* ou *cobble mulch fields* ou *lithic mulch agriculture*. Ce type d'agriculture a été en vigueur sur tous les continents durant des milliers d'années. Il est rare, localisé dans le temps et réduit à des contextes bien particuliers. Il vient le plus souvent en complément d'autres méthodes culturales et les jardins qui l'utilisent ne suffisent pas à eux seuls à assurer toute la production agricole. D. R. LIGHTFOOT (1996) cite, dans une revue de ce mode de culture, des exemples pris dans les pays suivants : au Néguev (Nabatéens) où il s'agit plutôt de monticules de pierres ; en Italie (Romains) ; au Pérou (désert côtier) où l'on retrouve des puits pavés ; dans le nord-ouest de l'Argentine (Humahuaca, Calchaqui,

Aimogasta et Inca) où l'on a utilisé des bandes pavées ainsi que des monticules de pierres ; en Arizona (Hohokam au sud et Sinagua au nord) où des monticules de pierres ou de cendre ont été observés ; au Nouveau-Mexique (Anasazi) où les parcelles sont entièrement pavées de cailloux ; en Nouvelle-Zélande (Maori) où l'on a cultivé la patate douce sur des champs pavés ; aux Canaries (à Lanzarote) où l'on a utilisé un paillage de cendres et de pierres poncees et en Chine (région de Lanzhou) où les champs ont été couverts de graviers. Le pavement des champs a aussi été employé à l'île de Pâques (voir chapitre 11, **Les jardins de pierres de Rapa Nui**).

En réalité, beaucoup sont des cas préhistoriques sur lesquels des controverses existent encore quant à la fonction réelle des structures observées. Ce mode de culture doit être strictement réduit à l'usage intentionnel de pierres ou autres matériaux lithiques (gravier, sable, lapilli ou cendre) déposés sur les champs ou les jardins pour lutter tout d'abord contre l'évaporation de l'eau en milieu aride et secondairement pour limiter l'érosion du sol, diminuer les écarts thermiques et recueillir, souvent par condensation (eau de rosée), un peu d'humidité. Il regroupe exclusivement les méthodes dans lesquelles le système racinaire des plantes se développe totalement sous une couche superficielle de pierre ou gravier. Il exclut donc les procédés de mixage de la terre avec des produits calcaires dont le but est de corriger l'acidité du sol. Il exclut aussi l'habitude de cultiver sur des sols caillouteux qui sont laissés en place et non ajoutés volontairement. Il exclut enfin le recouvrement des jardins avec de fins graviers que les Chinois ou les Japonais opèrent à des fins esthétiques.

Il existe deux grandes catégories de paillage lithique. La première concerne l'usage de pierres pour tapisser des puits, border des lopins de culture ou, le plus souvent, construire des monticules ou des banquettes. C'est à leur propos que les auteurs montrent le plus de désaccord quant à leur fonction. Certains y voient un vrai paillage lithique permettant de cultiver la vigne, le maïs ou l'amarante, d'autres de simples tas de pierres résultant du nettoyage du sol pour la culture ou pour l'aménagement d'impluvium, les derniers des structures de captage des brouillards ou rosées. La deuxième catégorie concerne le recouvrement du sol par une couche de cailloux ou de cendres, étalée uniformément ou disposée en larges bandes. Il en existe au moins quatre exemples bien documentés, les anciens **Champs de graviers des Anasazi**, les champs de graviers des Maoris en Nouvelle-

Zélande (RIGG et BRUCE, 1923 ; BEST, 1925), les champs aménagés aujourd'hui en Chine dans le Lanzhou (**Champs sablés en Chine du Nord**) (TSIANG, 1948, LI et XIAO, 1992) et les jardins de cendres de Lanzarote (Canaries) (DINKINS, 1969). Nous en avons ajouté un cinquième : Les jardins de pierres de Rapa Nui.

Ces parcelles empierrées assurent le plus souvent une certaine sécurité alimentaire en menant des cultures complémentaires aux cultures principales. Elles permettent d'utiliser certaines terres arables considérées comme non convenables pour l'agriculture et augmentent la productivité des terres déjà utilisées.

Brouillards et rosées

Dans certaines régions du monde, de fortes brumes se forment durant la nuit et persistent jusqu'au milieu de la matinée, alors même que le soleil est levé. Le maintien des brumes matinales se produit dans les régions arides proches d'une mer peu profonde ; il est influencé par de forts vents marins qui poussent les masses d'air humides vers les reliefs côtiers (littoral tunisien et de Tripolitaine ; désert occidental d'Égypte ; nord-ouest du Néguev). Il peut également survenir là où un courant marin froid borde une terre aride et engendre une forte humidité de l'air (littoraux nord du Pérou et du Chili ; sud-ouest de l'Australie ; Mexique). Ils sont présents toute l'année, mais prédominent à certaines saisons. Sur les versants au vent des montagnes littorales, à des altitudes comprises entre 400 et 1 200 m, on observe ainsi des végétations verdoyantes là où la faible pluviométrie rend *a priori* impossible leur existence. Ces plantes ont pu s'installer en captant sur leurs feuilles les eaux atmosphériques contenues dans les brouillards matinaux, c'est-à-dire les gouttelettes d'eau renfermées dans les nuages de contact. Les quantités d'eau retenues varient en fonction de l'architecture des plantes et de la forme des feuilles, mais suffisent à assurer la survie de certaines espèces. Ce phénomène est présent dans le désert côtier au Chili, au Pérou, aux Canaries, aux îles du Cap-Vert, en Namibie et au Yémen. On a également recensé plusieurs dizaines de toutes petites forêts de nuages en Océanie et près de 200 en Amérique. En Afrique, elles sont plus rares mais on en observe certaines en Afrique du Sud (NAGEL, 1962 ; LE HOUEROU, 1998), au Soudan et en Érythrée (KASSAS, 1956). On en retrouve quelques-unes dans le sud de la France, en haute Provence.

Ces bosquets de végétation s'épanouissant en pleine zone désertique se nomment *loma* au

Pérou. Anciennement, les hommes ont profité de leur existence, comme en témoignent les vestiges d'implantation humaine que les archéologues ont mis à jour à leur proximité. Puis, copiant là encore la nature, ils ont à leur tour construit des structures artificielles capables de capter les brouillards. Ils ont creusé de petits puits au pied des arbres en place, comme le *garoé* des Canaries, installé des plantations dans les lieux propices, comme les plantations de café au Yémen (NEUVY, 1993) ou celles de cacaoyer en Équateur (province de Manabí), élevé ça et là des murs de pierre ou des puits pavés capables de capter la moindre goutte d'eau. Plus récemment, ils ont inventé des capteurs artificiels, utilisant des matériaux modernes comme les filets en plastique sur lesquels les brumes laissent de fines gouttelettes qui sont précieusement collectées. Grâce à tous ces petits moyens, des communautés humaines ont pu s'établir sur les versants arides des montagnes littorales, en profitant également de la proximité de la mer pour s'approvisionner en poissons ou en coquillages et en exploitant les écosystèmes d'altitude. Mais la récolte des brouillards n'a jamais supporté à elle seule une agriculture florissante. C'est plutôt un moyen d'obtenir de l'eau de boisson ou bien une technique complémentaire à d'autres procédés pour récolter l'eau dans des environnements particulièrement arides. Les brouillards permettent à des cultures implantées selon d'autres techniques de poursuivre leur maturation quand la sèche-

resse s'installe. Ils sont néanmoins présentés ici car ils font partie de l'agriculture de désert. Certains auteurs ont montré que les eaux de brouillards, plus régulières et prévisibles que les pluies, apportent un complément hydrique substantiel aux cultures, soutenues par ailleurs par des structures de collecte des eaux (EVENARI *et al.*, 1982). Des études menées aux Philippines ont révélé que, dans les régions montagneuses (province de Benguet vers 1 000 m d'altitude), l'eau condensée des brouillards sur les cultures assure la majorité de leurs besoins en eau durant les mois secs. Les paysans ont d'ailleurs organisé les cycles de culture de façon à profiter de cet excédent d'eau mais sans réellement chercher à augmenter la production (GUZMAN et GUZMAN, 1998). Au Manabí, sur les collines littorales d'Équateur, les plantations de café et de cacao ne sont possibles que grâce au brouillard matinal (*garúa*).

On rapproche de ces techniques les capteurs de rosée qui sont présents dans bien des régions arides. La rosée est due à la condensation nocturne de l'eau atmosphérique sur la surface vite refroidie des plantes ou des pierres, dans une atmosphère chaude. Elle est indépendante du mauvais temps. Les amoncellements de pierres, les aiguiers de Provence, les *chouchets* mauritaniens ont pu, à un moment ou à un autre, être utilisés comme condensateurs de rosée. Mais la fonction réelle de ces structures archéologiques n'est pas toujours connue avec certitude.

Nomenclature

Les champs recouverts de graviers aménagés aux temps préhistoriques par les Anasazi du Nouveau-Mexique sont pris comme exemple pour documenter un mode de paillage lithique en nappe.

Localisation géographique

Ces champs ont été observés dans les sites archéologiques Anasazi au Nouveau-Mexique, situés au nord-ouest de Santa Fé, dans les vallées du bas Chama et de l'Ojo Caliente, et au sud de la même ville, dans la région de Galisteo (LIGHTFOOT et EDDY, 1995). Cette région est une zone d'altitude (1 800 à 2 000 m) aux températures fraîches (18 °C l'été et 2 °C l'hiver), à la pluviométrie annuelle de 350 mm en moyenne, survenant entre mai et octobre au moment des cultures. Les parcelles sont localisées près des zones naturellement empierrées où sont prélevés les cailloux, non loin d'un point d'eau naturel et là où la terre peut être cultivée. Ils sont aménagés sur des surfaces plates ou légèrement en pente.

Les champs empierrés ont été autrefois aménagés dans le nord-ouest de l'Argentine, par les Maoris en Nouvelle-Zélande ainsi qu'à l'île de Pâques (voir chapitre 11). Aujourd'hui, les champs de graviers ou de pierres ponces sont encore pratiqués en Chine (région de Lanzhou) ainsi qu'à Lanzarote, en Indonésie, en Inde, au Kenya, aux USA, en Russie et sans doute en bien d'autres endroits.

Conduite technique

Chez les anciens Anasazi, la taille des parcelles varie de 30 m² à plus de 3 000 m². Leur forme, également variable, adopte souvent l'aspect d'un long rectangle. La plupart d'entre elles sont installées perpendiculairement à la pente lorsqu'elle existe, les autres parallèlement ou en diagonale. Ces champs sont parfois bordés sur quatre côtés de lignes de pierre et compartimentés. Les graviers nécessaires au paillage lithique sont obtenus indifféremment en raclant le sol pierreux adjacent ou en y creusant des trous de façon à récolter la quantité désirée de cailloux. Ces trous sont encore observés aux abords des parcelles cultivées. Les graviers, dont la taille varie de moins d'un centimètre à plus de deux centi-

mètres de diamètre sont étalés sur le champ en une couche uniforme de 5 à 11 cm. Dans le bassin Galisteo la surface aménagée n'excède pas quatre hectares et la taille des jardins suggère qu'une seule famille a pu l'aménager et l'entretenir. Tous ces jardins n'ont sans doute pas été utilisés en même temps, mais aménagés progressivement et utilisés l'un après l'autre.

On pense qu'ils ont permis de récupérer des terres marginales, pour faire face à l'augmentation de la population ou pour pallier de mauvaises récoltes. La couche caillouteuse freine l'évaporation, augmente les infiltrations et ralentit l'assèchement du sol en retenant plus d'humidité qu'un sol nu. Elle protège également de l'érosion en diminuant la vitesse du vent et évite la prolifération des mauvaises herbes. Elle tend à diminuer la salinité des sols, en entraînant davantage d'eau vers la nappe phréatique. Les graviers augmentent enfin la température moyenne du sol en absorbant puis redistribuant la chaleur du soleil, diminuent les températures les plus hautes de la journée en créant des turbulences d'air et augmentent les températures les plus basses de la nuit. Cette diminution de l'amplitude thermique est propice à la croissance des plantes. Elle conduit aussi à une meilleure répartition des racines le long d'une épaisseur accrue de sol, ce qui améliore la résistance des plantes à la sécheresse. Ses avantages sont donc réels au cours des sécheresses mais, vu le lourd travail que cet aménagement exige, disparaissent quand les pluies sont suffisantes. Par contre, l'empierrement empêche les résidus agricoles de retourner facilement dans la terre et, pour cette raison, la parcelle devient vite improductive. Les analyses archéologiques du pollen qui ont été faits sur ces sites montrent que les Anasazi y ont cultivé le maïs, directement entre les pierres. Le compartimentage de certains champs suggère une diversification des cultures, chaque espèce étant cultivée dans une section différente.

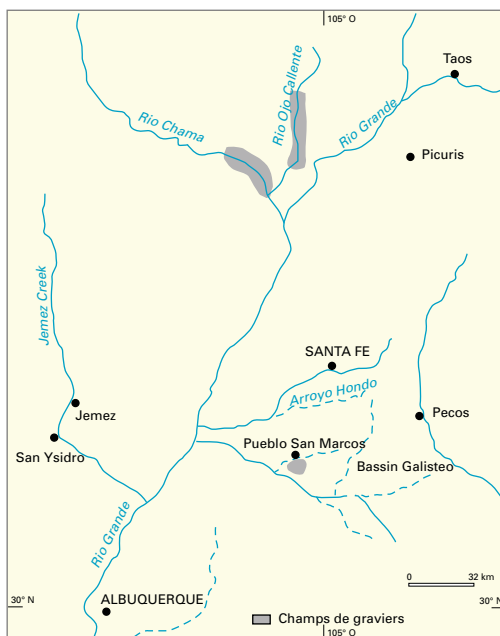


Les zones de jardins empierrés chez les anciens Anasazi (adapté de LIGHTFOOT et EDDY, 1995).

Histoire et société

Les Anasazi sont arrivés dans la région du bassin Galisteo au cours du XIII^e siècle, en provenance du nord. Ils y occupent alors de petits hameaux dispersés. À partir du XIV^e siècle, des groupes épars migrent en nombre vers cette région, suite à un changement climatique qui rend la région attractive pour l'agriculture. Durant les 300 ans de leur présence dans la région, les Anasazi font face à une augmentation importante de leur population et à un changement progressif de leur organisation sociale. Ils habitent bientôt dans de larges villages, puis la région est abandonnée au début du XVI^e siècle.

C'est dans ce contexte que la culture sur champ de graviers fait son apparition. Ce mode d'agriculture est utilisé durant une courte période, de 1 250 à 1 500 ans et ne s'est pas généralisé. Il apparaît comme un mode complémentaire de culture, utilisé principalement durant les années de sécheresse au cours desquelles on intensifie également la collecte de plantes sauvages et les échanges de nourriture entre communautés. Une fois encore, l'adaptation aux contraintes du milieu s'appuie sur l'organisation sociale et la diversité des stratégies. La majorité des parcelles est située soit en terrasses, à l'aplomb des cultures irriguées de plaine, soit à proximité des



villages. La grande variabilité dans la taille et la forme des parcelles ainsi que dans l'épaisseur des graviers empilés peut être attribuée à l'absence d'autorité centrale capable d'organiser les travaux selon des techniques uniformes ou bien à une diversité des stratégies pour pallier les risques de mauvaise récolte. En effet, on a prouvé depuis que la taille des cailloux, leur épaisseur et même leur couleur peuvent influencer sur la croissance des plantes. Il n'est donc pas exclu que les Anasazi aient fait empiriquement cette observation et l'aient mise à profit. Cette agriculture sur gravier complète le mode de culture principal mené par dérivation et épandage des crues de rivières dans de petits champs compartimentés ; elle rappelle celle de leurs descendants Zuñis. Les cultures principales, menées l'été, concernent le maïs, le haricot et le potiron.

Références

ANSCHUETZ, 1995 ; BRADFIELD, 1971 ; BUGE, 1984 ; DOMINGUEZ, 2002 ; FAIRBOURN, 1973 ; HACK, 1942 ; KEMPER *et al.*, 1994 ; LAMB ET CHAPMAN, 1943 ; LIGHTFOOT, 1996 ; LIGHTFOOT et EDDY, 1994, 1995 ; MAXWELL, 1995 ; MAXWELL et ANSCHUETZ, 1992 ; MINNIS, 1999 ; UNGER, 1983.

Nomenclature

Dans les plaines de loess du nord-ouest de la Chine, le *sha tien* utilise non pas des graviers mais du sable à gros grains. C'est un autre exemple de paillage lithique en nappe, mais cette fois actuel. Leur nom *sha tien* est identique à celui que l'on donne aux champs poldérisés que l'on trouve sur les berges du Yangsi, dans le sud de la Chine (Jardins de sable en Chine du Sud).

Localisation géographique

La plupart des champs recouverts de sable et de graviers se rencontrent sur le plateau de loess, au nord-ouest de la Chine, dans les provinces de Gansu et Qinghai ainsi que dans la région de Ningxia Hui. Ils couvriraient une surface de 188 500 ha (GALE *et al.*, 1993). La pluviométrie de cette région est faible, située entre 215 et 320 mm par an et la plupart des cours d'eau sont intermittents.

Conduite technique

À l'automne, on commence par labourer les champs en incorporant une couverture d'engrais à la terre. Le tout est compressé puis recouvert d'une couche de 10 cm de sable mêlé à des graviers, à raison de six parts de sable pour quatre de graviers. Si le sol est particulièrement sec, on applique une couche lithique plus épaisse. Le gravier, dont les grains ont parfois la taille d'un œuf, reste en surface tandis que les particules de sable, plus fines, glissent vers le bas de la couche. Le champ est divisé en longues planches d'un

mètre et demi de large, elles-mêmes subdivisées en bandes plus étroites. Chaque année, une seule bande de chaque planche est préparée, les autres restants en jachère. Son sol est débarrassé de son revêtement, fertilisé, labouré, compacté et recouvert à nouveau de son sable et de ses graviers. Puis on sème ou on plante à la main, directement sous les graviers, le melon, la pastèque, des légumes, les haricots, le blé et le mil. Durant la croissance des cultures, on ratisse le revêtement pour éviter qu'il ne devienne trop compact. L'année suivante, on laisse cette première bande au repos tandis qu'on prépare de la même façon une autre planche de la ligne. Lorsque toutes les bandes de la planche ont été utilisées, on cultive alors toute la planche durant encore deux ans avant de la laisser en jachère quelques années. Les espèces végétales sont cultivées en rotation et se succèdent. On imagine combien ce travail est long et délicat. Pour l'effectuer il faut utiliser des truelles ou des outils adaptés et faire preuve d'une grande patience. Au prix de cet immense travail, le champ est utilisé durant une cinquantaine d'années au terme desquels le sable est fortement mêlé à la terre. Il est alors totalement débarrassé de son revêtement et laissé en jachère plusieurs années.

La technique permet aux paysans de commencer leurs semences plus tôt que les autres et ainsi d'être les premiers à vendre leurs produits sur le marché.

Histoire et société

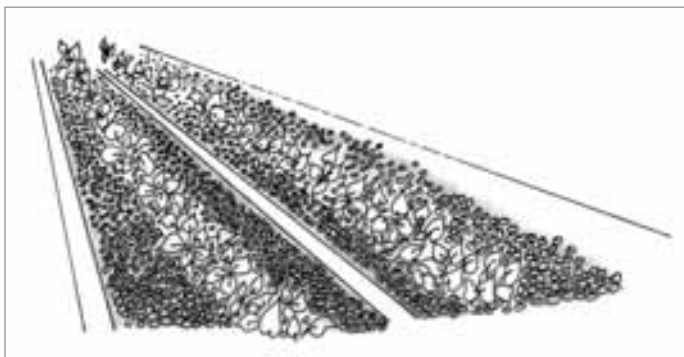
Principalement employée par les fermiers de Lanzhou (province de Gansu),

Les champs sablés sont aménagés sur le plateau de loess dans les provinces Gansu, Qinghai et Ningxia.



Modèle de culture sur champ sablé.

la technique date de la dynastie Ming (début xiv^e siècle). Cette agriculture réclame une main-d'œuvre abondante et une patience extrême, en particulier pour retirer le mélange de sable et gravier ou pour aménager de nouveaux champs. Elle est donc souvent entreprise de façon communautaire. Aujourd'hui un paillage moderne, tel que les feuilles de plastique, remplace l'ancien paillage lithique. Pourtant celles-ci, bien qu'elles diminuent l'évaporation, ne retiennent pas les petits ruissellements et la faible rosée condensée sur les pierres. De plus, elles rendent la fertilisation et le compactage du sol plus difficiles, sans parler de la pollution qu'elles génèrent. C'est pourquoi, les fermiers pauvres du Lanzhou continuent bien souvent à



utiliser des graviers et du sable afin de pouvoir écouler rapidement leur maraîchage sur les marchés avoisinants.

Références

BETHENCOURT, 1874 ; BUCK, 1937 ; GALE *et al.*, 1993 ; LI ET XIAO, 1992 ; TSIANG, 1948 ; WITTEW *et al.*, 1987.

Le garoé ou l'arbre fontaine des îles Canaries

Nomenclature

Le *garoé*, encore appelé l'Arbre Saint ou l'arbre fontaine des îles Canaries, est un végétal qui captait sur ses feuilles les gouttelettes de brouillard pour les laisser s'écouler jusqu'au sol à son pied. Contrairement à ce que certains ont cru et continuent à croire, cet arbre ne fut pas mythique, mais au contraire, il a été décrit notamment par l'humaniste et homme d'église Bartolomé de las Casas en route vers les Amériques et il a bien fourni de l'eau de boisson dans une île où les pluies sont rares. Il s'agissait probablement d'un laurier (*Ocotea foetens*), selon l'ancienne iconographie à notre disposition.

Certes, le *garoé* original n'a alimenté aucune agriculture, mais nous le citons car il est le totem ou le symbole du captage de la ressource en eau du brouillard. Il est donc le précurseur des techniques, tels les filets attrape-brouillard mis en place au Chili dès les années 1960, qui alimentent une agriculture de subsistance et autorisent une foresterie en zones arides.

Localisation géographique

L'arbre poussait aux Canaries, sur l'île de El Hierro, dans un vallon face à l'Atlantique proche du hameau de Tiñor (près de Valverde) qui est situé à 930 m d'altitude. La mer de nuages est présente au moins 200 jours par an, coiffant toutes les hautes terres de l'île autour et au-dessus de 1 000 m d'altitude jusqu'au sommet de 1 500 m, mais on compte de nombreux mois sans pluie en été. Le *garoé* a été déraciné en 1610 par une tempête, sans aucun doute à un âge pluriséculaire.



Il existe d'autres espèces d'arbres fontaines aux Canaries, dans les îles du Cap-Vert ou encore ailleurs (déserts côtiers du Pérou et du Chili, d'Érythrée, etc.) car, plus qu'une espèce précise, la bonne capture de l'eau du brouillard dépend de la localisation des arbres. Les cols des chaînes côtières face à la mer qu'ils dominent, tels un balcon, sont les meilleurs sites.

Conduite technique

Le *garoé* a été mentionné pour la première fois au x^ve siècle, époque de la conquête des Canaries par les conquistadors de Castille. Une part de légende s'est attachée à ses pro-

Aux Canaries, l'île de El Hierro est la patrie de l'arbre fontaine.





**Arbre fontaine de El Hierro
(Sabinar, Mirador de los Vascos).
C'est sa représentation la plus courante
même si cet arbre pluricentenaire
est d'une autre espèce et qu'il est trop
couché et sculpté par le vent
pour produire de l'eau en quantité.**

**Fer forgé doré représentant
les feuilles et fruits du laurier des Canaries.
Détail de la grille du portail d'accès
au nouvel arbre fontaine de El Hierro,
planté par Don Zósimo.**

priétés bien réelles, si bien que son existence même a été mise en doute, malgré les écrits basés sur des observations oculaires du xv^e et xvi^e siècles puis les expériences du xx^e siècle. Cet arbre et ses semblables de par le monde sont situés dans des zones de fortes turbulences au sein de vallons encaissés ou sur des cols vers lesquels les alizés poussent les brouillards maritimes qui viennent alors baigner la végétation. Les feuilles du *garoe* captaient les fines gouttelettes d'eau contenues dans la brume qui s'écoulaient au sol. Les habitants de El Hierro avaient aménagé un système de collecte au pied de l'arbre et de stockage de l'eau en aval.

Dans l'archipel voisin du Cap-Vert, des agaves (*Furcraea gigantea*) et des palmiers (*Phoenix* sp.) ont été utilisés pour capter l'eau des brumes par les paysans pauvres depuis les années 1940, lors de grandes sécheresses, et ces expériences furent étudiées avec intérêt par les agro-météorologues portugais durant les années 1960.





Histoire et société

Les Bimbaches, des Guanches d'origine berbère c'est-à-dire la population préhispanique de l'île de El Hierro, ont progressivement disparu lors de la colonisation des Canaries, dès le début du ^{xv}^e siècle, par le conquistador Jean de Béthencourt, mandé par le royaume de Castille. Toutefois, à l'inverse d'autres îles de l'archipel telles Tenerife et La Palma, il n'y a pas eu de massacres et de destructions systématiques des populations et de l'héritage guanche à El Hierro et le *garoé* a simplement disparu, victime d'une tempête.

En 1948 lors d'une grande sécheresse, Don Zósimo Hernández Martín, un technicien des Eaux et Forêts, féru d'écologie et de traditions populaires (une chose rare à l'époque) et natif de l'île voisine de La Palma, a replanté un laurier en lieu et place de l'ancien *garoé*. Ensuite, dans les années 1960, il a aménagé des arbres fontaines (*Jupinerus procera*) à Cruz de los Reyes sur le chemin du pèlerinage de l'île, toujours très couru, et enfin il a construit des abreuvoirs pour le bétail dans la région du Mirador de Los Bascos sous les frondaisons des pins. En 1993, une aide lui a été apportée par la fondation Ushuaïa. Puis, Don Zósimo,

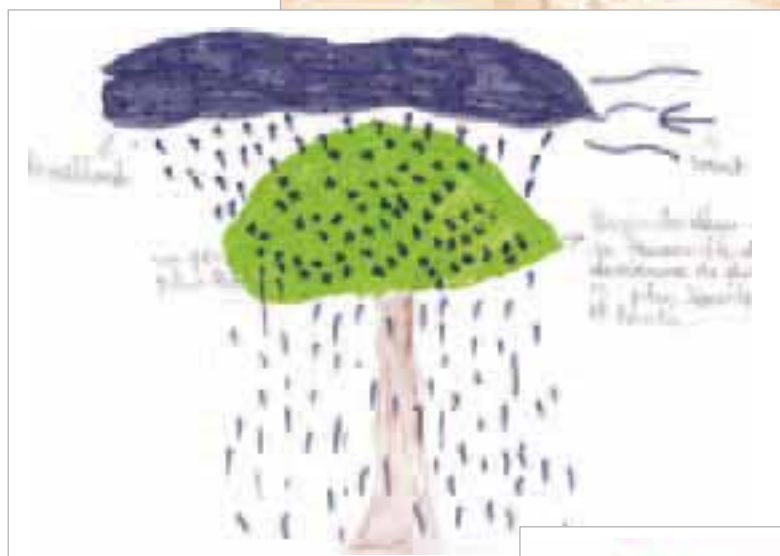
Gravure ancienne se référant à l'arbre fontaine décrit par Antonio Pigafetta en 1563 : « Il n'y a pas une seule goutte de pluie sur El Hierro mais, à midi, on voit se baisser du ciel un nuage qui entoure un grand arbre qui distille par ses feuilles et branches une grande quantité d'eau ».

(Source : DARIAS y PADRÓN, 1988)

l'homme qui plantait des arbres fontaines, fut décoré par le roi d'Espagne et il reçut en 1998 le Prix César Manrique (1917-1992), un artiste espagnol dont la fondation continue de prôner le dialogue Nature et Art pour maintenir un paysage de qualité aux Canaries, en particulier sur l'île de Lanzarote, dans l'esprit du *Land Art* (www.Cesarmanrique.org). Don Zósimo, par son action entre autres de reboisement en essences natives, comme le pin canarien, et par celle d'autres techniciens et scientifiques plus jeunes ayant repris son flambeau pour sauvegarder le lézard géant endémique, a puissamment contribué à ce que l'île de El Hierro devienne Réserve de la biosphère de l'Unesco en 2000. Ce type de



Léa



Kammal

Hadjar



**L'arbre fontaine tel qu'il est vu
par des enfants de l'école publique
Léo Malet de Celleneuve, Montpellier.**

© A. Gioda

classification est moins contraignant vis-à-vis des actions humaines sur la nature que le statut de parc national et il permet un meilleur dialogue homme et nature, plus proche du concept du développement durable que celui d'une politique de conservation de l'héritage naturel.

Depuis quelques années aux Canaries, des projets utilisent les filets attrape-brouillard, les héritiers moderne du *garoé*, afin de capter les eaux de brumes et d'alimenter de petites communautés à El Hierro et dans la partie septentrionale de l'île voisine de Tenerife (massif de l'Anagua).

Références

ACOSTA BALADÓN, 1973 ; DOUMENGE *et al.*, 1995 ; *Forêts*, 2005 ; GIODA *et al.*, 1992 ; GIODA *et al.*,

1995 ; GIODA *et al.*, 1997 ; JAUZE, 2003 ; LAROUSSERIE, 2006 ; REIS CUNHA, 1964 ; SAVARIAU, 2004 ; WARIN, 2005 ;

<http://www.canal.ird.fr/canal.php?url=/programmes/recherches/gioda/index.htm>

<http://aphgreunion.free.fr/L'eau%20du%20brouillardune%20ressource%20alternative.htm>

www.fogquest.org

www.dysdera.eu et www.naturala-qua.es

<http://www.cistia.es/prensa-itc/boletin/articulo.php?id=329>

<http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/revista/2001/22/275/>

<http://www.esj-lille.fr/atelier/js/js00/a4.htm>

<http://aphgreunion.free.fr/L'eau%20du%20brouillard-une%20ressource%20alternative.htm>

Les *lomas* péruviennes et chiliennes¹

Nomenclature

Le littoral de l'océan Pacifique du Pérou et du Chili est occupé par un désert qui compte parmi les plus arides au monde mais les collines qui le surplombent accueillent un écosystème aussi rare que singulier appelé les *lomas*. Le nom commun espagnol *lomas* signifie collines, mais il désigne dans cette région un milieu spécifique qui tire ses ressources en eau des nappes de brouillard ou de la brume qui l'ennuient durant l'hiver austral. Les *lomas*, sèches et arides de novembre à mai, se couvrent d'un tapis de végétation de juin à octobre et forment des taches de verdure au milieu du désert d'où leur nom imagé d'oasis de brouillard.

Localisation géographique

Les *lomas* sont des communautés végétales spécifiques des côtes du Pérou et du Chili. Elles s'étendent de 8° S, à la hauteur de la cité péruvienne de Trujillo, jusqu'à 30° S, au niveau de la ville chilienne de Coquimbo. Elles sont installées sur les collines dominant l'étroite plaine côtière du Pacifique et qui constituent les chaînons occidentaux de la cordillère des Andes. Le système climatique régional est déterminé par l'interaction entre le courant marin froid de Humboldt, remontant le long du littoral du Pacifique, et les vents chauds, les alizés, qui crée un phénomène d'inversion thermique. L'évaporation des eaux du Pacifique est faible. Elle n'engendre pas de précipitations, mais donne une couche de brume, présente au-dessus de la plaine côtière une bonne partie de l'année et bloquée à faible altitude par une basse atmosphère stable. Durant l'hiver austral, le taux d'humidité atmosphérique est compris entre 80 et 100 % ; le brouillard, appelé la *garúa* au Pérou et la *camanchaca* au Chili, est rempli de gouttelettes d'eau et il entre en contact avec les collines qui font face à la mer, sous la poussée de vents. L'eau en suspension dans l'air précipite sur les rochers, les feuilles et les troncs. Les gouttelettes par coalescence deviennent des gouttes qui, tombées au sol, l'humidifient et font germer graines et tubercules en dormance. L'eau condensée dans la brume permet à elle seule le développement d'une végétation sur les *lomas* bien que le climat de la zone soit particulièrement aride ; les pluies y sont inférieures à 20 mm/an mais en faisant fi des précipitations horizontales. Ce mode original d'apport en eau explique l'échelonnement altitudinal des *lomas* comprises entre 300 et 1 000 m, mais plus fréquemment

Désert fleuri en saison des brouillards sur les collines, ou *loma*, dominant l'océan Pacifique. Pour les météorologues, il ne pleut jamais sur ces régions côtières.



© A. Gioda

¹ Avec la collaboration d'Alain Gioda.



© F. Moutarde

Végétation mixte de cactées (*Echinopsis chalaensis*), d'arbres et arbustes (*Caesalpinia spinosa*, *Heliotropium arborescens*, *Croton alnifolius*) dans les lomas d'Atiquipa (Pérou).

entre 600 et 900 m là où plus de gouttelettes voletant dans le brouillard entrent en contact avec le relief.

Conduite technique

La composition floristique et la densité de la végétation varient beaucoup d'une loma à l'autre en fonction de critères tels que la nature du sol, la distance par rapport à l'océan ou l'orientation des versants. Les lomas peuvent avoir soit une dominante arborée, arbustive et herbacée soit être composées surtout de cactus, de plantes xérophytiques du type *Tillandsia* et d'algues. Le taux d'endémisme de la flore est très élevé (entre 20 et 42 %) et sa composition fort diversifiée. Parmi les espèces les plus caractéristiques, citons l'amancaes (*Ismene amancaes*), une plante à bulbe qui donne des fleurs jaunes rappelant la jonquille, et le tabac sauvage (*Nicotiana paniculata*). Les lomas attirent une faune riche de mammifères dont le daim (*Odocoileus virginianus*), d'oiseaux ainsi la chouette *Speotyto cunicularia*, de reptiles et d'arthropodes dont beaucoup sont comestibles. Pour l'homme, les ressources sont importantes durant l'hiver austral (juin à octobre) quand il y chasse, cueille des plantes, récolte des escargots, etc. Le bétail venant de

la cordillère des Andes y transhume pour profiter du pâturage. Certaines lomas accueillent encore des activités agricoles.

Sur plusieurs lomas péruviennes, les textes ethnohistoriques mentionnent la culture de tubercules tels le manioc (*Manihot esculenta*) et l'achira (*Canna edulis*) quand arrivèrent les Espagnols au XVI^e siècle. Des terrasses associées à des réseaux de murs, canaux, puits et citernes ont été mises au jour dans des sites archéologiques de la côte centrale. Ces constructions témoignent de la pratique de l'agriculture sur les lomas même si l'interprétation de la fonction des murs reste discutable. Dans l'écosystème des lomas, le couvert végétal est le facteur clé du cycle de la bonne capture de l'eau atmosphérique. Les feuilles, branches et troncs des arbres, les cactus et surtout les plantes en forme de rosace comme les *Tillandsia* sont autant de collecteurs. Un sol sous le couvert d'un arbre reçoit six fois plus d'eau qu'un sol nu. Plus la végétation ligneuse est développée plus elle capte d'eau. Les arbres et arbustes sont donc l'élément indispensable à la pratique de l'agriculture dans les lomas.

Histoire et société

Les chasseurs-cueilleurs nomades ont commencé à occuper les lomas et à exploiter leurs ressources naturelles au moins dès le Précéramique (4500-1800 av. J.-C.). L'agriculture et l'élevage des lamas et alpagas y font leur apparition au Formatif (1800-200 av. J.-C.) quand les sociétés commencent à planter la patate douce (*Ipomoea batatas*), le manioc (*Manihot esculenta*), l'arachide (*Arachis hypogea*), etc. La chasse et la cueillette continuent à y être pratiquées. L'occupation y est saisonnière et semi-permanente. La diète des habitants est complétée par les poissons et fruits de mer de l'océan tout proche.

Aux époques tardives de la préhistoire (1100-1532 apr. J.-C.), certaines lomas sont occupées de manière permanente par des groupes humains importants qui construisent des villages en dur où demeurent de hauts dignitaires. À Pueblo Viejo, un site archéologique de l'Horizon tardif (1460-1532 apr. J.-C.) de l'une des lomas du Pérou central, il a été démontré

que la végétation aujourd'hui quasi inexistante était dense et arborée. Des arbres épineux de la famille des légumineuses dits *huarangos* (*Acacia* sp. ou *Prosopis* sp.) occupaient les collines avoisinantes et des arbres fruitiers comme le *lúcumo* (*Pouteria lucuma*) et le goyavier (*Psidium guajava*) étaient plantés sur les terrasses en association avec des plantes vivrières : maïs, manioc, arachide... Un système de puits, de réservoirs et de canaux permettait de compléter l'apport en eau nécessaire à l'agriculture. Il était donc possible de cultiver et d'approvisionner en produits agricoles les habitants de Pueblo Viejo. Les gousses de *huarangos* fournissaient du fourrage aux troupeaux de lamas et alpagas et aux animaux sauvages toute l'année. Les habitants de Pueblo Viejo, ayant compris le fonctionnement du biotope *lomas*, étaient donc en mesure de mettre en place un système de production agropastoral et d'en tirer profit de manière permanente. La pression anthropique sur l'écosystème semble avoir été maîtrisée car les ressources ligneuses étaient exploitées de manière raisonnée afin de ne pas briser le cycle de l'eau.

Après la conquête espagnole et l'abandon forcé des habitats dans les *lomas*, se perd la bonne gestion de ces écosystèmes. Les *lomas* ne sont plus des lieux de vie, on oublie que ce sont des milieux fragiles qu'il faut ménager pour pouvoir en recueillir les fruits. Elles deviennent des territoires marginaux et de parcours, des communs, où les hommes viennent couper bois et fourrage, sans effectuer aucun travail forestier ou agricole. Les forêts de *lomas* localisées à proximité de Lima fournissent en partie le bois de construction de la capitale péruvienne et celui des foyers des habitants. Le résultat fut que leur couverture végétale régressa vite et leurs sols subirent une forte érosion. Par ailleurs, les communautés paysannes traditionnelles se désagrégèrent et n'assurèrent plus leur entretien. Seulement, les pasteurs continuèrent à utiliser les *lomas* durant l'hiver austral.

Un autre moment critique fut la longue période du boom des chemins de fer (milieu du XIX^e-début du XX^e siècle) lorsque bois de chauffe et charbon de bois étaient très demandés.

Depuis les années 1940 et l'expansion urbaine accélérée de Lima, les *lomas* subissent à nouveau de fortes pressions. Les ressources ligneuses sont à nouveau sollicitées par la demande en bois des habitants de la mégapole. Les bidonvilles dits *pueblos jóvenes* s'accrochent sur leurs pentes. Le pâturage y est pratiqué de façon indiscriminée. De plus, les *lomas* peuvent être à proximité de mines produisant des pous-

sières nocives pour les plantes. En l'absence des capteurs d'humidité naturels que sont arbres et arbustes, bien des plantes du sous-bois ne peuvent plus se régénérer d'une année sur l'autre.

Toutefois, des communautés installées au pied de *lomas* commencent à prendre des mesures simples et efficaces pour les protéger et les restaurer. L'accès du bétail est restreint dans le temps et l'espace et sa quantité contrôlée. Des arbres et arbustes endémiques sont plantés. Au sud du Pérou autour du village d'Atiquipa, les communautés paysannes travaillent avec l'équipe de biologistes de l'Université nationale San Agustín d'Arequipa à la reforestation des *lomas*. Elles ont installé un réseau de filets attrape-brouillard qui leur permet d'irriguer quelque 30 000 arbustes de tara (*Caesalpinia spinosa*) qui y ont été replantés. Leurs gousses sont commercialisées et offrent une source importante de revenus aux communautés paysannes.

Références

DIAZ et KILADIS, 1992 ; ELLENBERG, 1959 ; MOSTACERO *et al.*, 1996 ; PUIG, 2002 ; ROSTWOROWSKI, 2004 ; RUNDALL et DILLON, 1991 ; VARGAS et ORTLIEB, 1998 ; WEBERBAUER, 1945.
www.lomasdeatiquipa.com

Un autre type de forêt de brouillard, observé en Bolivie.



© IRD/D. Wirrmann

Nomenclature

Des constructions en pierre destinées à capter l'eau atmosphérique ont été utilisées soit pour condenser les rosées, soit pour collecter les eaux des brouillards. La fonction de ces structures n'est pas toujours clairement établie. Certaines ont été construites dans un autre but que celui de capter les brouillards ou les rosées mais cette aptitude, bien que secondaire, est toujours appréciée. Seuls quelques exemples, pris sur différents continents, sont présentés ici.

Localisation géographique

On trouve ces structures dans les aires de répartition des nuages d'altitude ou dans des zones où les différences thermiques entre jour et nuit sont accentuées et le phénomène de rosée important. Elles sont fréquentes sur la façade maritime des Andes et sur le pourtour méditerranéen.

Conduite technique

Sur le littoral péruvien et chilien, différents capteurs se prêtent à la capture des épais brouillards matinaux. Il n'est pas certain que ce fût là leur seule fonction. Ils servent aussi, et sans doute avant tout, à protéger les cultures des vents desséchants, à retenir le sol et à fixer les sédiments derrière les barrages. Les zones de cultures sont localisées et intensives, tout l'artifice consistant à concentrer l'humidité et les plantes en un seul lieu. Parmi elles citons les *melgas*, *huertas*, *maceteros*, *anden*-*nes*. D'autres techniques, comme les *hoyas*, comprennent des structures capables d'exploiter l'humidité de l'air.

Les *melgas* se rencontrent dans la moyenne vallée de la Chilca, sur la côte péruvienne, à quelques centaines de mètres d'altitude, dans les zones inférieures aux nappes de brouillard. Ce sont des planches de culture séparées par des rebords surélevés qui condensent l'humidité. Le maïs y est planté en mars, alors que l'humidité du sol, obtenue en recueillant les ruissellements, est encore importante dans les champs. Dès qu'elle décroît en saison sèche (juin-juillet), le maïs survit grâce aux forts brouillards hivernaux. Les *huertas* (vergers en espagnol) ressemblent à des petits *melgas* rectangulaires surmontés d'un impluvium. Ils dateraient de 4000 ans. Ces structures archéo-

logiques n'étant plus utilisées on ignore leur usage précis, mais il n'est pas exclu qu'il puisse s'agir d'un exemple précoce de techniques de capture d'humidité en zone aride. Elles ont sans doute aussi permis de stocker les pluies sporadiques du désert. Les *maceteros* sont des puits d'un mètre de profondeur, tapissés de pierre, qui captent l'eau des brouillards denses et protègent les cultures d'une forte évaporation. Les terrasses maçonnées *anden*-*es* (terrasses en espagnol), datant de l'époque précolombienne il y a 4000 ans, permettent de niveler un terrain en pente, soit pour les jardins, soit pour l'habitation, de ralentir la mise en suspension des sédiments due à l'érosion et de retenir l'eau. Elles ont pu capter, elles aussi, les eaux atmosphériques. On retrouve toutes ces structures dans certaines *lomas*.

La fonction des *chouchet* (singulier *choucha*) en Mauritanie est controversée (PIRENNE, 1978). S'agit-il de capteurs de rosée, de tombes (on a retrouvé des squelettes dans certaines) ou bien d'autre chose ? Le *choucha* est un amoncellement de pierres placées au-dessus d'une fosse au sol imperméable, plaque rocheuse ou argile. Une ouverture basse pratiquée en bas de ces amoncellements a pu servir à recueillir l'eau condensée sur les pierres et collectée dans la fosse. Un petit canal est parfois ajouté à l'ensemble.

Un autre exemple est donné par le grand clavier de Céreste en haute Provence. Cette structure ressemble, en plus grande dimension, aux clapiers en pierres aménagés sur les pentes du Lubéron pour élever autrefois les lapins sauvages. C'est un long amoncellement de pierres bordé par une haute façade construite et terminée à ses deux extrémités par des structures architecturées. Il surmonte une galerie dallée qui alimente en eau trois petites

¹ Avec la collaboration d'Alain Gioda.

sources placées à quelques mètres devant la façade de pierres. La région est baignée, à longueur d'année de brumes et de fortes rosées.

Signalons également, dans les monts du Vaucluse, la présence de nombreux aiguiers. Ce sont de petites fosses creusées dans la roche et surmontées d'une voûte en borie. Ils sont placés au point bas d'une plaque rocheuse et pourvus d'un petit canal destiné à capter l'eau. Les eaux de pluie mais aussi les ruissellements de rosée sur la plaque rocheuse sont accumulés dans ces petits bassins.

Le développement moderne des techniques de capture des eaux du brouillard est fondé sur un maillage de propylène en mesure de capter les gouttelettes pour les acheminer vers un réservoir. La méthode, peu onéreuse, est efficace en altitude au sein de brouillards permanents où un vent léger et régulier entretient le phénomène. Des essais menés au Pérou ont montré qu'un mètre carré de collecteur peut récupérer en moyenne douze litres d'eau par jour tout au long de l'année. Au Chili, une communauté entière fut alimentée en eau potable en utilisant ces filets. Cependant, les vents



© A. Gioda

**Essais de brumisation
en atmosphère contrôlée
sur les filets attrape-brouillard.**

**Bosquet de taras (*Caesalpinia spinosa*)
et filets attrape-brouillard
dans les lomas d'Atiquipa (Pérou).**



© F. Moutarde



© A. Gioda

forts endommagent les filets et l'absence de vent est tout aussi problématique, tout comme la fréquence des brouillards peu denses, mais là où l'eau est rare elle est précieuse.

En Europe, plusieurs ingénieurs ont essayé quant à eux de condenser la rosée. Zibold a construit en 1912 un condensateur à Féodosia en Crimée, à 300 m d'altitude, et le Belge Achille Knapen un « puits aérien » à Trans-en-Provence en 1930. Le condensateur de Féodosia est une sorte de coupe de 20 m de diamètre et un mètre quinze de profondeur, posée sur un socle en ciment et remplie de galets jusqu'à une hauteur de six mètres. L'eau condensée par les galets s'écoule au centre de la coupe vers une rigole d'où elle peut être collectée. Pendant trois ans, de 1912 à 1915, ce collecteur de rosée aurait fourni 360 litres d'eau par jour, puis, son socle présentant des fuites importantes, il a été abandonné. Le puits aérien de Knapen se présente comme une grosse tour oblongue abritant un puits de neuf mètres de hauteur et un mètre de diamètre. Il n'a jamais réussi à capter plus d'un seau d'eau par jour. Aucune de ces structures monumentales n'a donné les résultats escomptés, sans doute en raison de leur grande masse incapable d'un refroidissement nocturne adéquat.

Histoire et société

La récupération des eaux de brouillards est ancienne dans les régions semi-désertiques

Rustique filet attrape-brouillard installé à 700 m d'altitude par l'Université catholique du nord d'Antofagasta et sous la surveillance des gardes forestiers (lomas de Paposo, Chili du Nord, région de Taltal).

montagneuses situées près des littoraux. Toutefois, les collecteurs de rosée sont nés plus récemment de diverses expériences scientifiques destinées à fournir de l'eau là où il n'y en a pas, et cela à longue durée d'année. Depuis une dizaine d'années, les recherches concernant les capteurs de brumes, aujourd'hui des filets synthétiques, se multiplient, notamment aux Canaries et à Madère, qui ont relayé les expériences chiliennes des années 1990. Si elles peuvent procurer aux communautés humaines et au bétail un peu d'eau de boisson, elles peuvent aussi à l'occasion alimenter l'agriculture.

Références

BEYSENS, 1996 ; CERECEDA *et al.*, 1992 ; NAGEL, 1956 ; PIRENNE, 1978.

http://www.futura-sciences.com/fr/sinformer/actualites/news/t/developpement-durable-1/d/attraper-le-brouillard-avec-un-arbre-fontaine_13450/

Capter les eaux souterraines

Résurgence de rivière souterraine, Indonésie.



© IRD/D. Gaillard

Nous avons vu les différentes méthodes mises au point par les hommes pour établir une agriculture à partir des eaux de surface (ruissellement ou crues) et des précipitations occultes (brouillards et rosées). Mais les eaux souterraines, celles de la nappe phréatique, peuvent aussi être employées, grâce à des aménagements simples ou au prix d'installations complexes qui supposent une parfaite connaissance hydraulique de la part de ceux qui les pratiquent.

La méthode la plus simple consiste à placer les cultures à un endroit où la nappe souterraine est proche de la surface. Les racines sont alors irriguées par capillarité. C'est le grand groupe des cultures *de tierra de humedad* (terre humide) ou *chacras hundidas* (fermes enterrées) ou *campos hundidos* (champs enterrés) de l'Amérique centrale. Leurs aménagements sont variés en fonction de la topographie des lieux, des besoins des plantes cultivées et du battement de la nappe. Il faut souvent creuser

un peu la cuvette de façon à se rapprocher de l'eau, si bien que l'on parle aussi de champs enterrés (*sunken field* en anglais) car ils paraissent être plus bas que la surface habituelle du sol. D'autres champs enterrés, utilisant la capillarité d'une nappe d'eau peu profonde, ont été retrouvés dans la péninsule du Sinaï et au sud de l'Algérie où on y cultive le palmier dattier.

Lorsque la nappe phréatique est trop basse, on la recharge de façon qu'elle se rapproche elle-même du sol et des cultures, en utilisant des techniques complémentaires de captage des ruissellements, dirigés alors vers les cuvettes humides. C'est une sorte de culture de bas-fond qui comprend un éventuel appareillage artificiel destiné à recueillir les eaux de pluie (ruissellement le plus souvent), le stockage se faisant naturellement dans la dépression. L'eau est ensuite utilisée *in situ*, en cultivant la cuvette, ou après avoir été dirigée vers des zones de culture adjacentes.

Cette technique est employée dans les régions semi-arides du Brésil, en Argentine et au Paraguay où on les nomme *tajamares*. Dans le nord-ouest de l'Asie centrale, l'eau collectée sur les *takyrs*, vastes plaques argileuses surplombant un sol sableux, est dirigée vers des cuvettes naturelles où elle s'infiltre. Elle augmente la lentille d'eau douce surnageant sur des eaux saumâtres (NEPESOV *et al.*, 1999 ; MAMIEVA, 1999). Autour de la mer Caspienne, un cordon de terre comporte des champs similaires. Ils sont constitués d'une succession de plates-formes et de fossés et ils utilisent la lentille d'eau douce surnageant sur l'eau saumâtre (VASEY, 1992 : 127). L'eau douce ainsi stockée est ultérieurement utilisée pour l'eau de boisson des hommes et du bétail mais aussi pour irriguer quelques champs de culture.

Dans les régions côtières, la nappe souterraine est saumâtre et impropre aux cultures. Mais les pluies déposent au-dessus de ces eaux salées une fine lentille d'eau douce qui est alors utilisée pour l'agriculture. Il en existe dans le monde au moins trois exemples représentatifs, à défaut d'être répandus. Ce sont les *Cordons lagunaires de Tunisie*, les *hoyas* péruviennes, et les fosses à taro des îles polynésiennes (*Jardins d'atolls en fosse*). La couche d'eau douce surnageant à la surface de l'eau salée est atteinte en creusant plus ou moins profondément le sol ou le plateau corallien. Le mouvement des marées remonte et abaisse régulièrement une pellicule d'eau, irriguant les racines des plantes. Leur localisation, une utilisation raisonnable et des modalités techniques précises sont issues d'un

savoir qui a permis l'utilisation pendant des siècles d'une ressource fragile.

Lorsque l'eau souterraine reste inaccessible, il faut l'amener directement sur les champs. Ce sont les techniques bien connues de galeries drainantes qui ont été développées par les peuples du Moyen-Orient et du Maghreb. On les nomme *Qanât*, *khettaras* et *foggaras*. Des systèmes similaires, datant de l'époque préhispanique, ont été découverts dans les Andes péruviennes, près de Nazca (HORKHEIMER, 1960). Ils comprennent, dans ce dernier cas, des aqueducs aériens aux deux extrémités et des canaux souterrains dans leur partie médiane, circulant à une dizaine de mètres de profondeur, tout au plus. Ces canaux acheminent l'eau captée en amont dans la cordillère andine vers des zones de stockage basses cultivées ou vers des réservoirs. La galerie drainante principale souterraine s'étend sur quelques kilomètres. Les parois, le sol et le plafond sont recouverts de pierres laissant par endroits, sur les côtés, des ouvertures par lesquelles les eaux drainées filtrent. La galerie est également munie de regards verticaux d'un mètre de diamètre, pavés et disposés à intervalles réguliers, pour aérer le tunnel et faciliter son entretien. Ces systèmes ont fourni l'eau de boisson et l'eau d'irrigation pour de petits jardins villageois. Certains ont permis d'irriguer quelques planches de culture en terrasse. On retrouve des galeries drainantes au Mexique et dans le nord du Pérou, mais certaines ont été introduites par les Espagnols au XVI^e siècle et s'inspirent directement des *khettaras*.

Cordons lagunaires en Tunisie

Nomenclature

Ce que nous appelons le jardin maure repose sur l'exploit technique d'une société, poussée par le destin dans un milieu défavorable. Il produit tout au long de l'année, sans irrigation active, même au plus fort des étés méditerranéens. Cet aménagement représente probablement un cas unique et dépend tout autant des conditions environnementales que du destin de l'histoire qui a conduit à la mise en valeur des cordons lagunaires.

En Tunisie, les descendants des Andalous chassés d'Espagne ont aménagé les cordons lagunaires de Ghar el-Melh selon une technique exclusive. La mince couche de terre largement salée est abondamment recouverte de fumier et de sable ; les parcelles, minuscules, sont protégées par des claies et des légumes sont cultivés sur ces lopins au prix d'une attention extrême. Aucune irrigation active n'est mise en place et les besoins des plantes en toute saison sont assurés par l'eau de pluie emmagasinée et surnageant à la surface de l'eau de mer. Le battement des marées met régulièrement cette eau à proximité des racines.

Localisation géographique

Ces jardins ont été observés au nord de Tunis sur le cordon qui sépare la lagune Ghar el-Melh de la mer.

Conduite technique

Le cordon lagunaire est quant à lui marqué par des haies d'arbustes et d'arbres fruitiers comme le figuier ainsi que par une profusion de palissades en roseaux séchés qui cloisonnent

une multitude de petits jardins de 10 à 20 ares. Avant-guerre, chaque parcelle était isolée par un fossé d'où avait été extraite la terre pour rehausser le terrain. Ce type d'hortillonnage ouvert était entouré de haies vives et d'oliviers de Bohème.

Parcelles avec courges en front de lagune Ghar el-Melh (Tunisie).



© É. Mollard



© É. Mollard

Ce dispositif à claire-voie protège du vent et des embruns, freine l'évaporation et fixe le sable. Dans sa phase d'aménagement, le cordon lagunaire parsemé d'efflorescences salines est recouvert d'une couche de sable pur de 40 à 50 centimètres d'épaisseur. Pommes de terre, tomates, maïs, oignons et piments sont plantés dans le sable régulièrement fumé. Celui-ci a pour fonction de freiner l'évaporation et de stocker l'eau douce au-dessus de l'eau salée. Le volume hydrique capté sous le sable est généralement suffisant pour alimenter un second cycle de culture avant le retour des pluies qui rechargent alors la nappe. Les rendements sont élevés malgré une densité de semis plus faible qu'en plein champ. Mais la qualité du maraîchage est soutenue par des soins attentifs portés aux cultures. Avant-guerre, les paysans encapuchonnaient chaque plant de tomates d'un cône en chaume dont l'ouverture était exposée au soleil. Toujours par souci de hâter la production, les agriculteurs déposaient une goutte d'huile au fond d'un trou creusé dans les figues avec un petit morceau de bois.

Histoire et société

Autrefois grand port carthaginois puis romain, Utique est aujourd'hui une bourgade de delta située à une dizaine de kilomètres de la mer. Au cours des trois derniers millénaires, les défrichements agricoles ont alimenté l'alluvionnement du fleuve Medjerda. La lagune

Maïs à différents stades sur parcelles clôturées.

Ghar el-Melh est la relique de la grande baie d'Utique. Le double cordon littoral, étroit, n'a que quelques siècles d'existence et sa mise en valeur n'a réellement débuté qu'avec la paix coloniale qui a fixé une population vivant auparavant de piraterie. Mais il faut remonter plus loin pour saisir ce que ces jardins doivent aux populations concernées.

La renaissance des jardins tunisiens dont les romains puis les Arabes avaient fait la réputation est intimement liée aux Andalous expulsés d'Espagne. La reconquête puis les ordonnances d'expulsion des Maures de Valence en 1609 puis de Catalogne et d'Aragon l'année suivante les conduisirent au Maghreb. Ils y fondèrent de nombreuses bourgades, parfois sur des terres peu salubres ou difficilement cultivables et s'adonnèrent à de multiples activités dont la piraterie, la pêche et le maraîchage.

Lorsque la piraterie fut éradiquée, une population dense se retrouva sur une étroite bande cultivable (*Les gens de Ghar el-Melh n'ont que la lagune et la montagne* dit un dicton) dont il fallut prendre un soin extrême. Charriant terre et fumier à dos d'homme ou sur des ânes, ils cultivèrent des vergers et des pommes de terre sur les pentes des collines



© É. Mollard

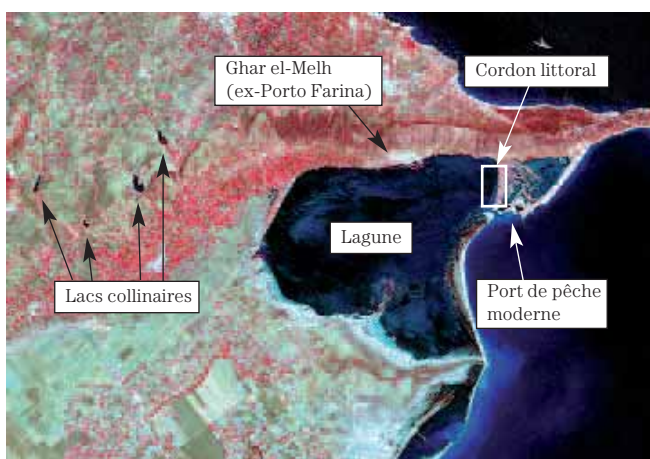
littorales en fixant le sol au moyen de talus de pierres sèches ou de haies vives et en puisant l'eau dans de larges puits de trois à quatre mètres de diamètre. Puis ils étendirent les jardins sur le cordon lagunaire protégé des vents par la chaîne montagneuse du Nadour.

Les Andalous sont réputés fins connaisseurs des techniques d'irrigation et de maraîchage tandis que les métayers arabes (ou *khamnes*) sont inféodés à la céréaliculture extensive de plateau. Cette différence n'explique pas entièrement une telle divergence d'activités. Les grands propriétaires et leurs métayers connaissaient eux aussi bon nombre de techniques maraîchères et d'irrigation. Toutefois, la grande céréaliculture extensive qu'ils pratiquaient dégagait des revenus suffisants tout en ne nécessitant guère de surveillance. Elle faisait de la Tunisie, avec la Sicile et l'Égypte, l'un des greniers à blé du monde méditerranéen. L'emprise turque sur la Tunisie se traduisit par des taxes élevées sur tous les produits agricoles. Ces charges fiscales liées au régime de propriété ne permettaient pas aux propriétaires arabes d'apporter les innovations nécessaires à une économie où finalement les grands propriétaires trouvaient leur compte. Les Andalous, plongés dans la situation de petits paysans, n'ont eu d'autres choix que d'innover. Ils importèrent la pomme de terre de Malte, s'adonnèrent au maraîchage et, au prix d'un travail forcené mené par une main-d'œuvre familiale surexploitée, ils pri-

Couches de sable rapportées sur cordon lagunaire en Tunisie.

rent la suprématie de la culture de la pomme de terre sur les versants du Djebel et sur le cordon lagunaire. Aujourd'hui encore, ils ne songent pas à mécaniser leurs cultures dans des villages qui ont préservé organisation sociale et originalité culturelle.

Localisation par satellite du cordon lagunaire (37°09'38" N - 10°13'26" E).



© Spot Images

fiche 42 Les *hoyas* péruviennes

Nomenclature

Ce type d'agriculture est caractérisé par l'utilisation d'une eau souterraine, très proche de la surface mais ne l'atteignant pas. Comme il faut creuser le sol pour permettre aux racines des plantes d'approcher l'eau on parle de champs enterrés (*sunkenfield* en anglais). *Hoya*, cuvette en espagnol, traduit le terme quechua *t'oqo* (trou dans le sol). On parle aussi de *hoyadas* et le terme a plusieurs synonymes. Le terme *mahamaes* (singulier *mahamá*) est selon les auteurs un terme espagnol (Rowe, 1969) ou un terme dérivé du quechua *mac-hanmi* (épongé, drainé). Il désigne très précisément, dans la région de Chilca, un endroit où l'eau est si proche de la surface que des plantes à enracinement profond y poussent spontanément. Le terme *pukio* dérive du mot inca *pukyu* désignant une source. Il est utilisé plus largement pour désigner des endroits où l'eau est disponible. Le terme *wachagues* est utilisé dans la région de Chanchan. C'est un terme espagnol s'épelant *guachaque* ou *huachaque* (Rowe, 1969) qui dérive de la langue Muchic parlée sur la côte nord du Pérou. Citons encore les termes espagnols *campos hundidos* et *chacras hundidas* qui sont des noms génériques pour toutes les cultures d'humidité, *maka-maka* dans la région côtière centrale ou encore *moyas*. Certains auteurs les désignent sous le terme de *cochas*, ce qui ne semble pas exact (KNAPP, 1991 : 69).

Localisation géographique

On rencontre les champs enterrés dans des zones arides sans cours d'eau, là où la nappe souterraine affleure la surface du sol sans l'atteindre. Cela se produit soit le long d'une voie naturelle de drainage, insuffisante pour maintenir un cours d'eau régulier (Chilca et Villacuri), soit au point le plus bas d'une zone d'irrigation (Chanchan, Viru et Santa), là où l'eau n'atteint pas la surface en raison de la présence de dunes.

Les *hoyas* sont situées principalement au Pérou, dans la vallée de la basse Chilca, mais aussi à Villacuri (département d'Ica, à 180 km au sud de Chilca), à Asia (province de Cañete), à Virú (département de la Libertad), à Pisco et dans les vallées de Santa, Lacramarca et Nepeña. L'ensemble situé sur le delta de la rivière Chilca, un cours d'eau saisonnier, mesure environ 10 km². KNAPP (1982) suggère de ne pas confondre le réseau de murets en terre destinés à gérer les crues de la rivière Chilca (ou d'autres cours d'eau saisonnier) avec les vrais champs enterrés, plus rares, situés près du littoral, en arrière des dunes. Cette confusion, faite par les premiers auteurs, a souvent été reprise depuis. Néanmoins, il est probable que l'élévation de la nappe phréatique à la suite des crues a permis d'irriguer les parcelles endiguées à partir de cette eau souterraine. *Hoyas* et parcelles irriguées ont ainsi profité de l'eau souterraine selon des proces-

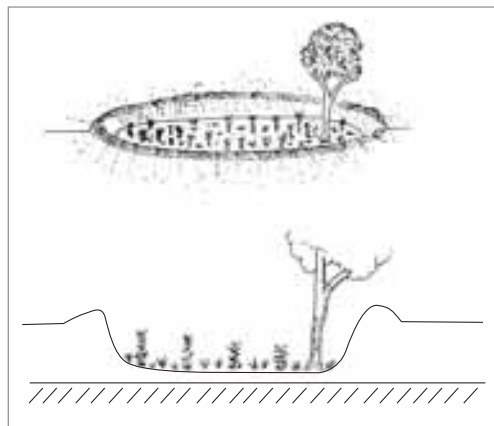
sus et à des degrés différents. Dans les *hoyas*, on creusait pour l'atteindre, dans les parcelles irriguées elle venait aux plantes.

Quelques *hoyas* complèteraient à Chanchan un vaste réseau d'irrigation. Citons encore le grand champ enterré (*canchón* = grand terrain) au nord du Chili qui mesure 2 m de profondeur et 20 m de large.

Conduite technique

Les *hoyas* sont des dépressions rondes ou carrées de taille variable, creusées en arrière des plages, de façon à retrouver le point précis où

Schéma d'une *hoya* au Pérou.





© Gregory W. Knapp

Hoya observée à Huanchco (nord du Pérou). Au premier plan, on aperçoit les bords de la cuvette avec leur empilement de boues extraites du fond.



© Gregory W. Knapp

Le fond des hoyas est recouvert de végétation sèche et parfois d'engrais animaux.

les forces jouant entre les fluides d'eau douce, d'eau salée, et le sol, permettent à l'humidité d'atteindre la surface. L'excavation ne doit pas être creusée trop profondément sous peine d'être noyée ou pire, de se remplir d'eau salée. La terre rejetée est accumulée sur les bords de la cuvette. À Villacuri, l'eau de la nappe phréatique est alimentée par les crues de la rivière Chilca ; à Chanchan, elle est entretenue par les eaux de colatures du réseau d'irrigation. La survenue d'années de sécheresse, l'amplitude des pluies et la fluctuation des marées obligent les paysans à ajuster périodiquement la profondeur des *hoyas* pour atteindre la nappe d'eau.



© Gregory W. Knapp

Les roseaux *totoras* sont utilisés pour fabriquer les pirogues « caballitos del mar ».

Une fois la cuvette creusée à bonne profondeur, le fond est aplani et couvert d'engrais végétaux, comme les feuilles de guarango (*Prosopis chilensis*), ou d'engrais animaux. Puis les plantes sont semées. On y produit surtout des fruitiers (avocat, goyave, puis, à l'époque coloniale, olive, raisin, coing, grenades, vigne et dattiers) ainsi que la gourde, la citrouille et le coton. Aujourd'hui, les quelques *hoyas* encore en activité ont déjà été creusées mais il faut les curer périodiquement. L'inconvénient classique de l'irrigation en zone aride est la salinisation des sols, aussi la croûte de sel doit-elle être écartée périodiquement pour permettre une nouvelle culture. Outre le sel, le sable oxydé et les boues sont empilés sur les bords de la cuvette, formant un mur qui abrite les cultures des vents marins, retient les sédiments, diminue l'évaporation et donc la salinité et capte accessoirement l'eau des brumes. On cultive actuellement des céréales et des figuiers dans ces champs enterrés en creusant pour chacun d'eux une petite excavation (*huecos*) d'un mètre de côté et d'un mètre de profondeur.

Histoire et société

La vallée de la basse Chilca, où sont situés les grands systèmes de *hoyas*, a été peuplée il y a près de 10 000 ans par des groupes de chasseurs cueilleurs. Les premières communautés pré-agricoles s'installent, il y a 7 700 ans, sur les terrasses alluviales situées à proximité des *lomas*. Puis, il y a 3 000 ans, les berges nord de la Chilca accueillent des sociétés agricoles qui vont dès lors occuper les lieux en permanence jusqu'à la conquête espagnole. On pense que ce sont ces populations qui, les premières, ont aménagé les *hoyas* car les alluvions dans lesquelles elles sont creusées ont été déposées il y a moins de 3 000 ans. On attribue leur invention aux paysans de la culture *lapa lapa*, qui résidaient un peu plus haut sur les flancs des montagnes du Cerro Yaya ou du Cerro Lapalapa, il y a 2 000 ans. À l'origine, il s'agissait sans doute de puits peu profonds qui complétaient le vaste réseau de digues construit à l'arrière par les mêmes populations pour contrôler les crues de la Chilca.

En 1553, Pedro Cieza de León mentionne le premier, dans la région de Chilca, la luxuriance de champs où l'on cultive sans irrigation ni pluie toute sorte de plantes, dont le maïs. Chaque plant est fertilisé par une tête de sar-

dine, technique également employée en Amérique du Nord par les Indiens Squanto. En 1609, Garcilaso de la Vega puis le père Bernabe Cobo en 1653 révèlent la façon dont les paysans ouvrent puis cultivent de larges *hoyas*. Le maïs y est toujours fertilisé par une tête de sardine. Il semble que ces premiers auteurs aient assimilé les *hoyas* au réseau de murets adjacents qui, lui, permettait de gérer les crues de la Chilca et date des mêmes périodes. L'intrication de ces hautes levées de terre isole en effet des bassins de culture qui semblent dès lors enterrés mais qui ne le sont pas. Le maïs a sans doute été cultivé dans ces bassins endigués tandis que les vrais champs enterrés étaient plutôt cultivés en fruitiers. En effet, les *hoyas* ne supportent pas à elles seules toute la production agricole des communautés précoloniales qui pratiquent également des formes d'agriculture par épandage de crue et exploitent les *lomas* situées à proximité. Toutes les *hoyas* ont été exploitées durant plus de 1 000 ans et ont continué à l'être durant l'époque coloniale. Leur aménagement et leur gestion se sont déroulés de façon communautaire.

Leur désaffection progressive date des débuts des indépendances et résulte de l'action conjuguée de plusieurs facteurs : le reflux de la nappe phréatique, l'augmentation de la salinité, l'invasion de mauvaises herbes, l'absence de drainage et l'érosion accélérée. En réalité, tous ces facteurs peuvent être réglés séparément au prix d'une attention et d'un soin accru, mais ces structures anciennes ont peu d'intérêt pour les populations actuelles. De nos jours, les *hoyas* sont redistribuées aux familles paysannes afin qu'elles y produisent les plantes nécessaires à leur consommation personnelle et, accessoirement, quelques cultures commerciales (figue, olive, raisin). Elles ont été élargies pour permettre le passage des tracteurs, les murets sont recouverts de bétons, des pompes mécaniques sont utilisées et le sol est arrosé de fertilisants chimiques. Enfin, de nombreuses *hoyas* ne sont plus utilisées que pour récolter les roseaux *totora* qui profitent spontanément de l'humidité.

Références

BENFER *et al.*, 1987 ; CIEZA DE LEÓN, 1947 ; COBO, 1956 ; DAGODAG et KLEE, 1973 ; KNAPP, 1982 ; MOSELEY, 1969 ; OJEDA ENRIQUEZ, 1987 ; PARSONS, 1968 ; PARSONS et PSUTY, 1975 ; ROWE, 1969 ; SMITH, 1979 ; VALLEJOS, 1978.

Jardins d'atolls en fosse

Nomenclature

Il s'agit d'ensembles de fosses de 30 et 150 m² en moyenne, creusées dans le sable corallien des atolls jusqu'à atteindre l'humidité de la nappe phréatique flottant sur l'eau de mer. On incorpore ensuite des débris végétaux sélectionnés au sable corallien pour y créer une terre végétale artificielle permettant des cultures vivrières impossibles autrement (voir fig. p. 212). Dénommées *maite* dans le nord et l'ouest, elles sont appelées *kauwai* dans l'est des Tuamotu.

Localisation géographique

Situé dans la partie orientale de l'océan Pacifique, l'archipel des Tuamotu n'est qu'un des nombreux chapelets d'atolls plus ou moins groupés en archipels qui apparaissent jusqu'aux rivages de l'Insulinde, le long d'un gigantesque arc de points chauds. Ces formations, appelées récifales du fait de leur morphologie originelle, ceinturées par des constructions coralliennes, sont aussi dénommées « îles basses ». On sait maintenant que ces vestiges d'anciens volcans encerclés par une frange corallienne croissant à leur périphérie ont été soumis depuis quelques millions d'années aux différents mécanismes d'érosion et de variation des niveaux marins, ainsi qu'à la subsidence et l'eustatisme liés aux déformations de la lithosphère.

À titre d'exemple, nous avons choisi de décrire l'archipel des Tuamotu sur lequel un important travail interdisciplinaire a été réalisé depuis longtemps. Il comprend 75 atolls bas, générant une surface émergée d'environ 775 km². La pluviométrie, assez faible, varie

de 1 500 à 2 500 mm par an, avec parfois, des séquences très irrégulières. Malgré des possibilités réellement limitées, la nature des sols n'étant constituée originellement que d'éléments issus de l'érosion corallienne ou de détritiques, une végétation arbustive et même arborée peut s'y développer. Une variation des cycles de colonisation végétale relativement importante peut y être observée, en dehors de toute implication anthropique due aux conditions climatiques parfois extrêmes (cyclones, tsunamis, dépressions, sécheresses, etc.). D'ailleurs, les premières observations, recueillies lors de l'installation des Européens et surtout des premiers missionnaires entre les XVII^e et XIX^e siècles, décrivent une végétation quasiment sans cocotiers, souvent très haute et dense mais le plus souvent inégalement distribuée à la périphérie des atolls.

Conduite technique

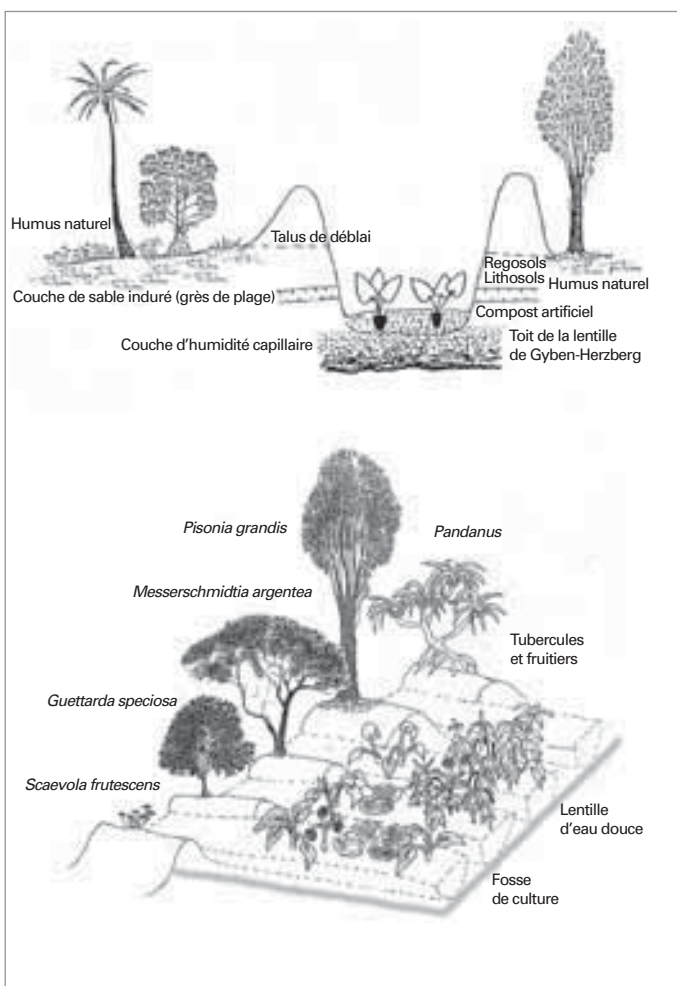
Pour obtenir de l'eau potable sur un atoll, il faut mettre en œuvre des techniques particulières et donc des connaissances empiriques adaptées.

Chapelets d'îles dans l'aire Indo-Pacifique orientale.



En fait, c'est la géomorphologie même des atolls qui permet de « récupérer » paradoxalement et de manière discrète, la masse d'eau de pluie de surface. En effet, les conditions d'immobilité statique des couches font que l'eau infiltrée par percolation dans la masse corallienne sous-jacente flotte littéralement sur l'eau de mer environnante en variant selon la loi de Gyben-Hertzberg. La forme de cuvette des strates coralliennes fossiles, retient ainsi une lentille d'eau douce d'épaisseur variable. Cette eau de pluie est *a priori* potable, puisque filtrée au travers du sable superficiel. On a ainsi trouvé des anciens puits aménagés où l'eau apparaît entre 0,2 et 3 m de profondeur. Les quelques dizaines de centimètres de sols qui la recouvrent sont alors relativement humidifiés par cette lentille d'eau douce permanente. C'est ce que les insulaires des atolls ne pouvaient ignorer, en préalable à toute installation permanente. Ils devaient donc posséder un savoir particulier s'ajoutant naturellement à la connaissance la plus complète du milieu marin qui, dans le Pacifique, est culturellement leur espace d'existence global, historique autant que mythique. Il est vrai, en outre que dans des conditions climatiques normales, on a observé que la lentille d'eau douce peut déjà pratiquement se former même sur de minuscules îlots, à partir d'une aire de 5 000 m², rendant ainsi parfaitement viable une installation humaine limitée (voir fig. p. 214).

Pratiquement, c'est au prix de travaux de terrassements gigantesques que les occupants des atolls ont organisé, voire parfois totalement modifié, la géomorphologie de leur parcelle de territoire en créant ces jardins improbables, pouvant leur fournir les ressources vivrières nécessaires et suffisantes pour compléter celles du milieu marin. Ce sont les vestiges de ces travaux s'étendant sur plusieurs hectares, ayant brassé et déplacé des dizaines de milliers de mètres cubes, que l'on a pu observer puis recenser aux Tuamotu. De fait, l'accumulation des déblais apparaît en premier lieu sous forme de montagnes russes, qui en certains endroits peuvent s'élever jusqu'à 5 m au-dessus du niveau du sol, alors que la caractéristique des îles basses est de ne dépasser en moyenne que de quelques mètres seulement le niveau moyen de la mer. Ayant établi qu'il faut deux fosses au



Coupe et vue schématiques des fosses associées au sol et à leur principale végétation fonctionnelle (d'après A. DETLOFF).

minimum par famille nucléaire (une en production, l'autre en régénération), le nombre de fosses d'une zone peut représenter l'importance démographique qu'un groupe a pu atteindre. Cette paire de fosses est l'unité minimale correspondant à un couple et ce, probablement, pour une période transitoire, car les zones ne comportant que deux fosses sont rares. Les pics de fréquence de leurs nombres sont de 6, 10/12, 20 puis au-delà 40, et 60 (fig. p. 216). Il existe aussi de très grandes zones de fosses, vers et au-dessus de 100, qui correspondent à des agglomérats ponctuels dus, soit à la morphologie même du lieu et de ses abords immédiats, soit à des regroupements locaux dont l'apparition et la justification n'ont pas encore été précisées par l'archéologie.



© J.-M. Chazine

Si le principe pour fabriquer la terre végétale nécessaire à ces cultures artificielles est le même partout, à savoir, préparer un compost à partir de déchets végétaux et (ou) à partir de feuillages sélectionnés pour leur décomposition rapide (*Pisonia* spp., *Messerschmidia* spp., *Guettarda* sp. ou *Scaevola* spp. principalement), les mises en œuvre s'avèrent varier plus largement, et parfois individuellement. D'abord les procédures de préparation, sous forme d'un *mulching* naturel ou accéléré, peuvent changer, sans que la variation de productivité qui en découle soit perceptible. Ensuite, chez certains, c'est toute la surface du fond des fosses qui est amendée, tandis que pour d'autres (comme à Kiribati), on fabrique des corbeilles végétales que l'on régénère au fur et à mesure de la croissance du pied du tubercule. Globalement, c'est un ensemble de petits « trucs » hérités ou inventés individuellement qui fera les différences de résultats entre ces horticulteurs de l'extrême.

Les principales espèces cultivées sont des tubercules, ceux-ci étant espacés de 40 cm environ. Une fosse de 30 m² au minimum fournit plus de 150 pieds en 8 à 14 mois, selon espèces et emplacements. La reproduction et la multiplication des tubercules se font par clonage, d'abord en replantant le col du taro puis en démariant les rejets. Certaines zones contiennent jusqu'à 140 fosses, fournissant

Atoll de Tatakoto (Tuamotu) :
ancienne zone de fosses de culture,
seuls les *Scaevola* subsistent après
les brûlis d'entretien de la cocoteraie.

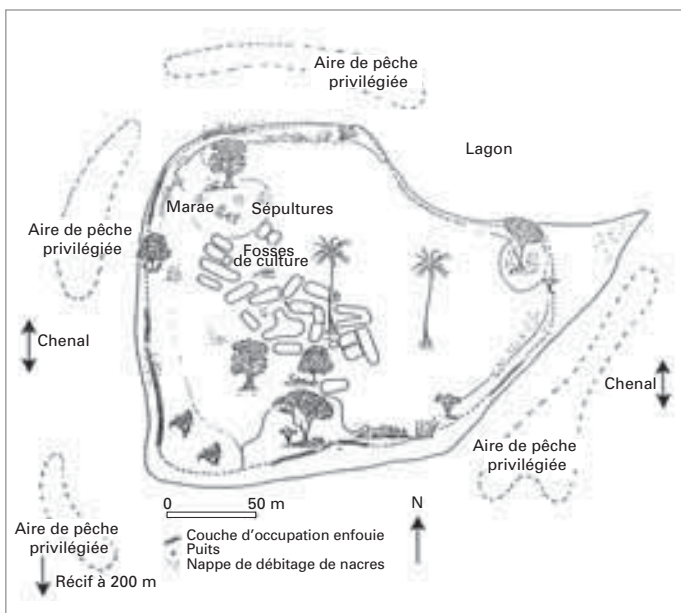
des surfaces de fond individualisées atteignant 800 m² (et même 1 500 m² dans un cas extrême). Le potentiel de production de ces surfaces correspond aux besoins d'une densité de population d'environ 33 habitants (soit approximativement 6 unités familiales) par km², une valeur moyenne encore observée sur les atolls du Pacifique central. La cartographie de ces secteurs fournit des valeurs qui, bien que statistiques, sont des indicateurs techniques déterminants. Comparés à quelques données mémorisées par les informateurs ou les témoins oculaires âgés, ils permettent de mieux comprendre la rationalité qui a justifié la mise en œuvre de ces moyens apparemment disproportionnés par rapport à l'exiguïté du milieu. À Tuvalu ou à Kiribati par exemple, la culture de certains tubercules (surtout le taro géant *Cyrtosperma chamissonis*) participe à une émulation technique et une concurrence sociale intenses. Les plus grosses productions sont programmées à long terme et destinées à être montrées comme faire-valoir de compétence et de prestige, lors des cérémonies importantes de la communauté.

Histoire et société

Les géomorphologues ont montré que l'émergence de ces atolls permettant une installation humaine stable, ne remonterait au mieux qu'à ces deux derniers millénaires, au moins pour les Tuamotu, ce qui en l'état des connaissances actuelles, est compatible avec les données sur le peuplement de la Polynésie orientale.

L'environnement géologique et végétal de ces atolls est relativement pauvre et a toujours été décrit dès les premiers navigateurs, comme inhospitalier, sans ressources naturelles et dépourvu d'eau potable. En conséquence, les malheureux insulaires qui pourtant y résidaient, ne purent être catalogués qu'à partir des mêmes qualificatifs. DARWIN (1842), lui-même, a été impressionné par la précarité des conditions dans lesquelles les autochtones y vivaient et estima que sur ces minuscules bandes de sable, « l'océan et la terre ferme, semblent dans ces endroits, lutter constamment à qui l'emportera sur l'autre ». La largeur de l'anneau corallien réellement émergé atteint rarement 500 m et se situe plus généralement autour de 100 à 200 m pour des périphéries variant de 5 à 200 km pour les plus grands atolls des Tuamotu (Rangiroa, Makemo, Fakarava). On doit rappeler à ce sujet que l'aspect actuel des îles basses, couvertes de cocotiers, n'est que la résultante des incitations fermes et déterminées des missionnaires et marchands du XIX^e siècle pour faire produire un minimum de ressources monétaires aux insulaires. Le cocotier n'avait jamais été jusqu'à cette période, qu'un arbre fruitier très utile pour ses multiples propriétés, mais aucunement vital. C'est un autre arbre, le *Pandanus*, qui occupait cette fonction technico-alimentaire. La plantation généralisée du cocotier, par les brûlis progressifs qui ont dû être mis en œuvre et l'assujettissement technique et monétaire qui en découlent, ont ainsi fait perdre aux insulaires les savoirs et techniques traditionnels de gestion et de production de leurs ressources vivrières ancestrales.

Antérieurement à leur arrivée, les insulaires, d'origine austronésienne, avaient certainement déjà dû observer que la décomposition de certains déchets végétaux et organiques était assez rapide et que la présence d'humidité provoquait dans certaines conditions, la



**Le motu Fakarevareva (Tuamotu) :
un exemple d'exploitation optimale
des ressources naturelles et humaines
disponibles sur un micro-espace
de 5 000 m².**

formation accélérée d'une terre végétale relativement fertile. Ainsi, en creusant des fosses jusqu'à l'horizon humide, puis en y introduisant des déchets végétaux empiriquement sélectionnés, ils ont réussi à créer artificiellement de véritables jardins.

Là où ne pousse naturellement qu'une quinzaine d'espèces arborées, autant d'arbustives et un peu plus de rampants dont très peu sont cependant consommables, les autochtones ont réussi à cultiver autant de variétés de tubercules (*Colocasia esculenta*, *Alocasia macrorrhiza* et *Cyrtosperma chamissonis* principalement) et de fruitiers dans les fonds et les talus (cordylines, citronniers, bananiers, cannes à sucre, arbres à pain, etc.) qu'ils le désiraient.

Les inventaires cartographiques de ces zones de fosses (près de 1 300 fosses recensées sur une dizaine d'atolls des Tuamotu) ont permis non seulement de quantifier les surfaces aménagées, mais de reconstituer les techniques employées, ainsi que la structuration sociale qui les organise (CHAZINE, 1993). Ces fosses de culture ont été totalement abandonnées sur tous les atolls des Tuamotu, alors qu'elles sont encore en activité dans les autres archipels d'îles basses du Pacifique où les ressur-



© J.-M. Chazine

ces, les activités et une certaine vie traditionnelles ont subsisté. Vestiges tangibles de lieux d'installation et d'activités humaines, les zones de fosses apparaissent sur tout le pourtour des atolls et correspondent bien à l'habitat dispersé tel qu'il existait avant l'arrivée des Européens. Variant en superficie, et en nombre, elles correspondent à l'importance démographique des communautés qui les ont creusées et utilisées. La découverte par les fouilles archéologiques des instruments qui ont servi à creuser les fosses en coquilles de nacre d'huîtres perlières et (ou) fragments de plastrons de carapaces de tortues (*Chelonia mydas*), a permis également de reconstituer la quantité et les durées de travail mises en jeu. On sait ainsi que près de trois mois étaient nécessaires pour creuser une seule fosse élémentaire de 30 m², impliquant l'entraide et la réciprocité des services. Celles-ci devaient être actives pour contribuer au maintien d'une relative et fluide cohésion sociale, dans un environnement aussi restreint, éclaté et diffus que celui des atolls. La mise en évidence par l'archéologie dans les Tuamotu, et par l'observation ethnographique directe sur d'autres archipels d'atolls du Pacifique de ce système de production vivrière étonnamment élaboré et adapté aux ressources particulièrement limitées des îles basses, démontre si besoin était l'ingéniosité

Atoll de Tatakoto (Tuamotu) : partie survivante de la forêt primaire (*Hernandia* sp.). On constate combien peut être luxuriante la végétation d'un atoll.

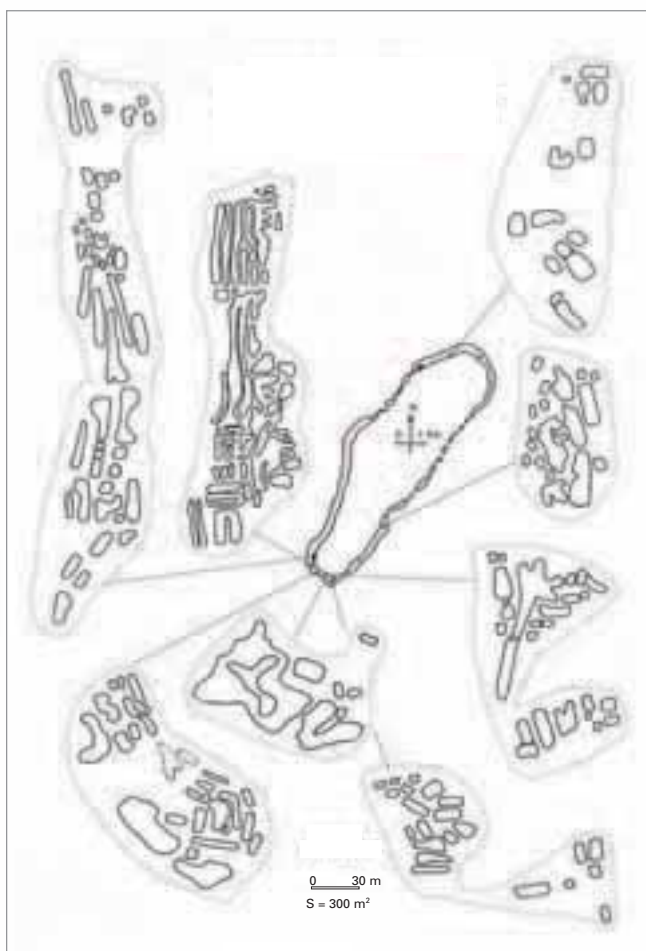
et l'adaptabilité de ces communautés insulaires. Le fait est que les occupants des Tuamotu, ayant depuis un siècle environ, pour les diverses raisons historiques ou économiques déjà évoquées, totalement abandonné ces techniques et perdu les connaissances correspondantes, donnaient l'image reproduite à l'envi, de lieux complètement déshérités, inhospitaliers et presque impropres à toute vie humaine décente. C'est tout le contraire qui a été révélé : les insulaires des îles basses avaient non seulement parfaitement extrait et utilisé toutes les ressources alimentaires et technologiques des minuscules terres émergées à leur disposition, mais surtout, élaboré et développé des techniques complémentaires qui dans des conditions parfois extrêmes, comme les cyclones ou les tsunamis, ont assuré leur survie. On peut encore l'observer aux Cook, à Tuvalu et surtout à Kiribati et l'ensemble de la Micronésie, où elles ont gardé toute leur importance alimentaire et sociale.

Les jardins artificiels des atolls, réalisés avec des moyens et dans un environnement on ne peut plus élémentaires, s'avèrent ainsi fournir un exemple surprenant, voire paradoxal, mais parfaitement logique, des capacités d'observation, d'adaptation et d'organisation de ces communautés, alors qu'elles sont exceptionnellement éclatées sur des poussières d'îlots répartis sur des milliers de kilomètres d'océan.

Références

BARRAU, 1961 ; CATHALA, 1957 ; CHAZINE, 1977, 1990, 1993, 2003 ; DARWIN, 1842 ; DI PIAZZA et PEARTHREE, 2002 ; EMORY, 1975 ; OTTINO, 1970 ; PIRAZZOLI et MONTAGIONI, 1986 ; RAVAU, 1978 ; SMALL, 1972 ; WEISLER, 2001, 2002.

**Variation des formes
et localisation des zones
de fosses sur l'atoll
de Takapoto.**



Nomenclature

Il s'agit d'un ensemble de techniques de captage des eaux souterraines au moyen de galeries drainantes. Cette technique est née en Iran, où elle porte le nom de *qanât* (ou *qanat* ou *kanat*). On la nomme *fajjarah* en Syrie, *falj* (ou *aflaj*) en Oman et en Arabie Saoudite, *magara* en Jordanie, *foggara* en Algérie, *khettara* au Maroc, *kriga* (ou *ngoula*) en Tunisie, *taphet* au Moyen-Orient. Des systèmes similaires sont appelés *karez* au Pakistan et au Baloutchistan, *kehriz* (ou *kiariz*) au Turkménistan. C'est une galerie drainante horizontale captant en amont l'eau d'une nappe aquifère et transportant l'eau en surface par gravité, en suivant un gradient de 1 % à 2 %. Sa longueur peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres.

Localisation géographique

Née en Iran, cette technique a diffusé en Asie centrale et jusqu'à la Chine ainsi que vers l'Arabie et le Maghreb. Les galeries drainantes sont ainsi présentes en Syrie, en Inde, au Pakistan, dans le désert du Néguev, en Jordanie, dans les pays de la péninsule arabe, en Tunisie, en Algérie, au Maroc et dans l'ouest de la Chine. Des structures très proches ont été observées sur les côtes péruviennes et au Mexique.

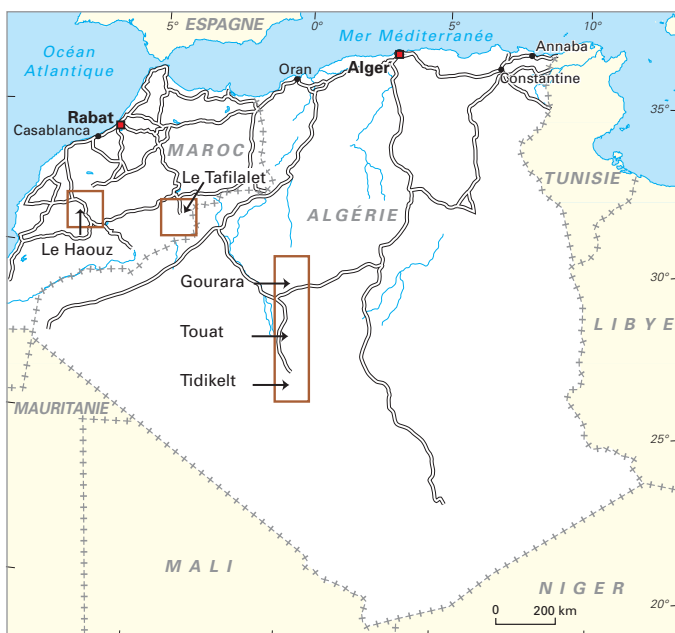
L'un des systèmes les plus importants est celui du Haouz à Marrakech au Maroc, qui draine les piémonts du Haut-Atlas et s'étend sur près de 900 km. Les oueds impétueux descendent en crue de l'Atlas et découpent la plaine, près de Marrakech, en profondes ravines. Ce n'est toutefois pas la forme des terrains qui explique la multiplication des galeries, mais la nécessité d'approvisionner la ville toute l'année (Ruf, *comm. pers.*) et de couvrir les besoins de l'irrigation. Citons également, en Algérie, les quelque 500 *foggara* du Touat (DUBOST et MOGUEDET, 1998) ainsi que ceux du Gourara (BISSEON, 1957) et de Tidikelt.

Conduite technique

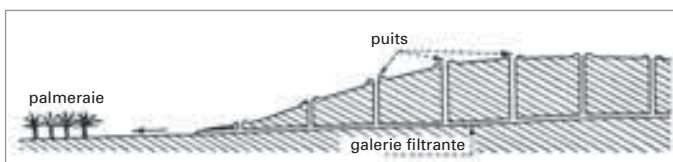
La première chose à faire est évidemment de savoir repérer les terrains aquifères où la nappe souterraine est accessible et surplombe les futures parcelles de culture. On commence par foncer au pic un puits principal en amont d'une pente, afin d'évaluer la profondeur de la nappe souterraine. Normalement un bon *qanât* draine les eaux d'une nappe profonde, et

non celles de la nappe superficielle qui peuvent se tarir. Il peut aussi capter une rivière souterraine, ce qui est assez rare.

Le plus fréquemment, on creuse la galerie de l'aval, c'est-à-dire de son point de sortie vers l'amont, marqué par le puits mère, cela afin que l'écoulement de l'eau ne gêne pas le travail d'excavation. Sa pente est très douce et toujours inférieure à celle du sol en surface. À intervalle régulier, un puits vertical est percé pour ventiler la galerie, évacuer les déblais et faciliter ultérieurement l'entretien. La galerie est elle-même creusée par deux hommes qui

Emplacement des *foggara* en Algérie et *khettara* au Maroc.

marchent à la rencontre l'un de l'autre, entre deux puits, en se guidant au son. RUF (2007) signale aussi l'ombre projetée du puisatier qui indique là où il doit poursuivre ses terrassements. Ils rejettent la terre extraite de ces puits autour de leurs ouvertures qu'ils soutiennent parfois de murets de pierres. L'intervalle entre deux regards varie en fonction de la qualité du sous-sol et de la topographie des lieux, mais il se situe la plupart du temps entre 5 m et 30 m. Dès que la galerie atteint la nappe aquifère localisée par le puits mère, elle devient drainante. À partir de ce moment, on la prolonge encore pour augmenter le débit de l'eau, jusqu'à ce qu'il atteigne le niveau désiré ou bien jusqu'à ce qu'il devienne trop fort pour poursuivre les travaux. Il arrive parfois que l'on pénètre directement dans la nappe d'eau, ce qui met définitivement fin aux travaux. Comme on le voit, la profondeur de la nappe doit être au préalable évaluée avec justesse de façon à creuser le puits mère à l'endroit adéquat. De plus, dès que la galerie devient drainante, il est souvent nécessaire de la renforcer si le sol n'est pas assez solide. On y ajoute finalement quelques tunnels de captage supplémentaires qui acheminent l'eau vers la galerie drainante principale.



Coupe d'une galerie drainante (d'après MUNIER, 1973).

Un filet d'eau s'écoule en permanence et rejaillit en contrebas où, à sa sortie à l'air libre, il est fragmenté par une structure en forme de peigne puis dirigé par de petits canaux (*seguias*) vers les parcelles de culture ou vers un réservoir intermédiaire. La construction de ces systèmes est à la fois longue, pénible et

Travaux d'entretien de la *khattara* Lahloua (Jorf-Mankara, Tafilalet, Maroc). Lahssan Lamrani, président de l'association de lutte contre la désertification de Jorf, entouré des paysans qui descendent dans la galerie par les puits de visite et en extraient la terre qui entrave l'écoulement des eaux de la *khattara*.



© T. Ruf

**Galerie en cours de réhabilitation
dans la *khettara* La Brikia
(Jorf-El Haen, Tafilalet, Maroc).**



© S. Spoerry

dangereuse. Lorsque la nappe souterraine est profonde, le puits de tête peut être creusé à une grande profondeur, avoisinant 50 m ou plus, la galerie principale court souvent sur plusieurs kilomètres et les regards sont parfois rapprochés sur les pentes trop raides. On y a employé bien des enfants en raison de leur petite taille qui leur permet de se faufiler dans les galeries et les regards, minimisant les risques d'effondrement mais, malheureusement, ne les excluant pas. On y a aussi assigné des esclaves, des prisonniers et des paysans très pauvres. La construction des galeries drainantes réclame une très grande technicité si bien que leur réalisation a été rapidement entreprise par des corporations d'ingénieurs et de techniciens spécialisés (appelées *khata-tiriya* au Maroc). Mais une fois installé et à condition d'être parfaitement entretenu, le système fonctionne à merveille et assure un service pendant des décennies.

Histoire et société

La technique des *qanât* est d'origine perse où elle a été inventée il y a plus de 5 000 ans. Elle a diffusé dans les pays voisins de l'Iran, ainsi qu'en Inde et en Andalousie avant d'atteindre les pays du Maghreb. Certains estiment que ce sont les Juifs qui ont installé ces aménagements grandioses dans le Sahara occidental, il y a près de 2 000 ans (OLIEL, 1994) ; mais ce sont les musulmans qui les ont développés à partir du x^e siècle. La ville de Marrakech, au Maroc, doit sa prospérité ancienne au vaste réseau de *khettara* aménagé dans le Haouz par les Almoravides au tout début du xi^e siècle. Un nommé Abdallah ben Yunus, fuyant l'Andalousie en pleine reconquête, implante ce système pour capter directement les eaux de l'Atlas et les redistribuer directement en ville. On retrouve ces systèmes de galerie drainante jusqu'au Soudan.



© T. Ruf

Les galeries drainantes ont fait partie des nombreuses structures liées à l'eau dans les zones arides qui ont soutenu des civilisations anciennes. Aujourd'hui, on ne construit plus de *qanât*, *khettara*, *foggara* ou systèmes apparentés et ces derniers sont progressivement remplacés par des forages mécaniques, beaucoup plus performants et beaucoup moins dangereux. Autrefois, ces galeries drainantes s'inscrivaient dans des environnements sociaux très inégalitaires et appartenaient aux classes sociales supérieures. Aujourd'hui, les forages modernes sont plutôt entrepris par ceux qui n'avaient pas, ou difficilement, accès à l'eau. La plupart des anciennes galeries qui ont été correctement entretenues sont encore en activité. Ainsi, dans certaines régions d'Iran les *qanât* fournissent plus de la moitié de l'eau utilisée. Dans le Maghreb, elles restent souvent isolées à certains territoires au milieu d'une population majoritairement agropastorale. Parfois, comme dans le Sud algérien, elles soutiennent encore une grande partie de l'agriculture locale, au prix d'une gestion communautaire complexe, bien souvent inégalitaire. D'une façon générale et bien que de nombreux projets de développement agricole tentent de les

Puits de visite de la *khettara* Lahloua (Jorf-Mankara, Tafilalet, Maroc).

réhabiliter, ces structures adaptées à une organisation sociale et politique traditionnelle, tournée vers l'autosubsistance, ont du mal à trouver leur place dans un nouvel environnement marqué par une très forte démographie et tourné vers l'économie de marché (DUBOST et MOGUEDET, 1998). Une fois encore, le patrimoine architectural représenté par les *qanât*, les *foggara* et autres galeries drainantes risque fort d'être conservé et valorisé dans le cadre d'aménagements touristiques bien que le principal bénéficiaire dans le monde demeure l'agriculture avec des palmeraies qui restent attractives économiquement.

Références

BALLAND, 1992 ; BELLIL, 1999 ; BISSON, 1957 ; DUBOST et MOGUEDET, 1998 ; ENGLISH, 1968 ; GOBLOT, 1979 ; HAMIDÉ, 1990 ; KOBORI, 1964 ; LANDRY, 1990 ; OLIEL, 1994 ; PÉRENNÈS, 1993 ; ROOSE, 2002 ; RUF, 2007 ; SAFADI, 1990.



© T. Ruf

La *khattara* Lambarkia (Jorf-Mankara, Tafilalet, Maroc) est dégagée après les crues de l'automne 2006 qui s'étaient déversées à l'intérieur de la galerie, provoquant des effondrements de la voûte sur plusieurs centaines de mètres.



Partie 3

Irriguer, fertiliser et planter

Les défauts patents de certains environnements tels que l'excès d'eau des milieux humides ou l'insuffisance des pluies dans les régions arides ou encore l'érosion accélérée du sol dans les zones montagneuses sont réduits ou surmontés par tout un ensemble de pratiques agricoles dont plusieurs ont été abordées dans les deux parties précédentes. Cependant, celles-ci n'épuisent pas, loin s'en faut, l'immense diversité des méthodes de culture. Même dans des milieux moins hostiles, l'homme doit continuer à manipuler l'eau, la terre et la plante pour obtenir une production végétale satisfaisante. Nous verrons donc encore quelques types d'agriculture, élaborés au fil du temps par des générations d'agriculteurs, transmises de père en fils ou de mère en fille, comme autant de savoirs particuliers et autrefois indispensables qui, cependant, disparaissent en partie, sans doute en raison d'une utilité moindre dans le monde moderne.

Le chapitre 9 reprend le thème de l'eau et plus particulièrement celui de l'irrigation. L'eau est tout d'abord un facteur de production en étant consommée par la plante. La plante capte le gaz carbonique de l'atmosphère pour le transformer, avec l'eau incorporée, en matière végétale. L'eau est aussi une condition de la croissance végétale. En effet, elle dissout les ions minéraux disponibles dans le sol ou contenus dans les engrais puis les met à la disposition des racines. Outre ces deux fonctions, l'eau joue de nombreux rôles utiles à l'agriculture et pas seulement comme palliatif à la sécheresse. En dehors des systèmes de canalisation, l'irrigation est assurée selon des modèles variés : à la main (Irrigation au pot), à la raie (*canteros*), en bassins (Taro en bassins irrigués) ou par cuvettes inter-

Tarodièrre irriguée à Tasmate au Vanouatou.



© A. Walter

connectées (Les *gochas* de l'Altiplano). L'inondation est également une méthode employée pour maîtriser les mauvaises herbes, comme c'est le cas dans les *casiers mexicains*. Enfin, l'eau joue également le rôle de transport de sédiments. Nous l'avons déjà vu au chapitre 6 à propos des *jessour* et, d'une façon générale, dans la partie 2. Dans ce chapitre, le limonage ou le colmatage, technique bien documentée en Europe, est abordé sur des exemples pris en Amérique latine. Sur les pentes, la technique est plus délicate et consiste à inonder périodiquement les terrasses par une dérivation de rivières ou de torrents. Il arrive ainsi qu'une région entière soit aménagée afin d'inonder les parcelles cultivées par l'eau chargée de sédiments qui ruisselle des collines adjacentes. Près des côtes ou dans les deltas, le limonage est à l'origine de la poldérisation.

Dans le chapitre 10, nous avons rassemblé un ensemble de techniques concernant la transformation des sols pour améliorer leurs caractéristiques physico-chimiques intrinsèques. Le sol, doté d'une texture, d'une structure et d'une composition chimique particulières, est à la fois un support réglant la vitesse d'infiltration de l'eau et un réservoir permettant de la retenir. Sa texture et sa profondeur influent sur la croissance des racines. Les éléments qu'il contient doivent être également préservés de l'érosion et sa fertilité doit être restaurée, après chaque récolte. Les moyens pour construire un sol avec peu de ressources sinon l'ingéniosité, pour le reconstituer ou simplement pour l'amender, sont innombrables. Nous traiterons simplement du billonnage dont le but est de concentrer au pied de la plante un sol fertile et riche en humus, mais aussi d'assurer une bonne aération du sol et de fournir à la plante un grand volume pour le développement de ses racines. Le chapitre 3 a déjà présenté les champs surélevés et a développé l'étude de ceux qui sont aménagés en milieu humide. Les exemples choisis dans ce chapitre illustrent deux fonctions générales de la butte : l'aération du sol et la gestion de la fertilité. L'enrichissement de la terre en humus est d'ailleurs une pratique constante qui utilise entre autres, le fumier, les débris végétaux, le paillage ou la jachère. C'est ainsi que les petites fermes de Bretagne au XIX^e siècle fabriquaient ce que l'on appelait du fumier de rue avec des ajoncs empilés sur les lieux de passage des animaux et enrichis en urée et en éléments organiques avant d'être épandus sur les terres cultivées. Les agronomes romains connaissaient les avantages que procurait le simple épandage de marne ou marnage sur les terres. Ces pratiques ont conduit à la création de sols anthropogéniques (ou anthroposols) très fertiles dont nous donnons deux exemples : les *terres noires* en Amazonie et les *plaggen soils* en Europe du Nord. Reconnaissables à l'œil nu, ils résultent de l'enrichissement organique répété du sol, au même endroit et durant de nombreuses années.

Dans le tout dernier chapitre, enfin, nous avons réorienté nos exemples d'agriculture non pas sur les méthodes culturales mais sur la plante elle-même. Tout d'abord, il nous fallait montrer que les pratiques sont souvent variées au sein d'un même environnement. Dans les milieux particulièrement ingrats comme l'île de Pâques ou le plateau Dogon, les communautés humaines ont dû, coûte que coûte, produire des plantes alimentaires pour survivre. Populations migrantes venues d'ailleurs, elles disposaient d'un patrimoine végétal et culturel propre qu'elles ont dû adapter aux nouvelles conditions locales, au prix de nombreuses



Récolte du riz en Indonésie.

© IRD/G. Michon

innovations. La diversité des pratiques employées est dans ces contextes une condition de survie. Dans d'autres milieux moins hostiles, des communautés humaines plus nombreuses ont organisé leur espace et leur société autour d'une plante alimentaire de base, par exemple le riz dans les hautes vallées himalayennes (Les terrasses rizicoles de l'Himalaya) ou la patate douce en Irian Jaya (*Wen hipere*, jardin de patates douces en Papouasie-Occidentale). Cette plante devient alors le pivot autour duquel se structurent l'environnement et la société. Les aménagements les plus compliqués et des espaces particuliers les concernent. Les uns se juxtaposent à d'autres méthodes culturelles et les autres à des espaces différents, dédiés à des plantes socialement moins importantes. Enfin, la valeur d'une plante dépasse sa simple fonction alimentaire et certaines d'entre elles bénéficient de soins particuliers ou de pratiques agricoles spécifiques en raison de leur importance rituelle, comme l'igname au Vanouatou, ou de leur importance économique, comme la *coca* en Bolivie ou la vigne à Lanzarote. Quand le train a relié le célèbre Cavaillon dans la vallée du Rhône aux capitales étrangères, les prix extraordinaires des productions d'avant-saison ont également conduit les producteurs aux innovations les plus délirantes et les plus chères, comme le chauffage des cultures hors serre. L'ingéniosité des maraîchers est d'ailleurs aussi ancienne que le jardinage lui-même et les vieux traités d'horticulture regorgent d'inventions, comme ceux de La Quintinie, jardinier du roi de France Louis XIV. Toutes ces astuces, ces innovations et ces trouvailles sont mobilisées pour produire, bien sûr, des plantes alimentaires nécessaires à la vie mais aussi des plantes particulières, importantes dans les activités sociales et indispensables à la reproduction des sociétés.

L'irrigation et ses fonctions annexes

Arrosage de l'oignon au Burkina Faso.



© IRD/G. Parent

L'usage du terme irrigation, d'origine savante, a été popularisé au début du siècle (MARZOUK, 1989), époque où les grands équipements hydrauliques se sont développés pour combler les pénuries d'eau, permettre l'intensification de l'agriculture et engendrer une nouvelle révolution agricole. La diffusion du mot « irrigation » a occulté la variété des « arrosements » et « baignages » antérieurs, ainsi que les innombrables dénominations des canaux : beseau, échaux, égayement, filiole, naville et autre rigolet (LACHIVER, 1997), l'oubli terminologique accompagnant parfois la marginalisation des technologies locales. En réalité, le transfert d'eau en vue de satisfaire les besoins de la plante n'est qu'une des formes prises par les nombreux rapports qu'une terre entretient avec l'eau. Elle est l'objet de techniques de transfert avec ou sans canalisations. Au sens large, l'irrigation peut inclure des techniques non hydrauliques comme le terrassement pour forcer l'infiltration de la pluie ou le positionne-

ment d'une parcelle sur une nappe souterraine ainsi que toutes les opérations où elle est un auxiliaire qui facilite les tâches agricoles. Ces fonctions singulières conduisent à revenir à la variété des usages et à élargir la définition de l'irrigation à l'ensemble des manipulations d'un écoulement, entreprises au bénéfice d'une parcelle cultivée quelles que soient la fonction visée et les modalités techniques utilisées (DENEVAN, 1980). Les eaux d'irrigation sont maîtrisées au moyen de puits, de galeries drainantes, de canaux, de bassins et de réservoirs auxquels il faut ajouter les structures de collecte des ruissellements.

L'eau, au même titre que la température, participe à la vitesse de minéralisation de la matière organique, à la structuration du sol, au résultat des façons culturales. À une autre échelle, les submersions rechargent les aquifères, contribuent à la dépollution, écrètent les crues, dessalent le sol et fixent les sédiments qui obstruent barrages et canaux. Par

conséquent, l'agriculteur ne se contente pas de remplir la réserve hydrique du sol et, quand il le fait, ce n'est pas seulement pour satisfaire les besoins immédiats de la plante. Néanmoins, ces besoins sont prédominants et la manière la plus simple de les satisfaire, là où les pluies sont insuffisantes ou irrégulières, est de cultiver sur une terre humide : sur les berges exondées après les crues, dans les cuvettes ou les bas-fonds. Une façon, certes laborieuse, d'irriguer les cultures est l'arrosage à la main, pratiqué dans le monde entier et à toutes les époques, sous une forme ou sous une autre, dans les petits jardins domestiques. Il a été mené par les Indiens pauvres des Andes qui, n'ayant pas de droits sur l'eau d'irrigation acheminée par canal, étaient autorisés à puiser l'eau à l'aide de jarres (KNAPP, 1991). Mais la technique d'irrigation au pot s'est aussi développée selon deux voies. La première consiste à creuser au milieu des parcelles de petits puits à partir desquels on recueille, à l'aide de cruches en poterie ou en bois, l'eau d'arrosage déversée manuellement sur les plantes cultivées. L'un des exemples les mieux documentés de ce type de culture est celui décrit par A. Kirkby dans la vallée d'Oaxaca au Mexique (KIRKBY, 1973). Il a été choisi pour illustrer ici ce mode de culture laborieux mais efficace (*Irrigation au pot à Oaxaca. Les puits « itinérants » au nord du Ghana*). La seconde, fréquente à l'époque romaine, consiste à enterrer des pots aux parois poreuses, au pied même des plantes à irriguer. L'ouverture des jarres affleure à la surface du sol permettant leur remplissage régulier. Cette technique a fait de nos jours l'objet de plusieurs études et elle est développée par les projets de développement rural. Les jarres sont parfois remplacées par des pots aux parois perforées ou par des tuyaux en poterie.

À côté de ces méthodes simples, les sociétés ont mis au point des systèmes d'irrigation reposant sur un transfert d'eau canalisée à partir d'une prise d'eau aménagée sur une rivière permanente ou temporaire. Dès les temps anciens, elles ont ainsi élaboré des systèmes d'irrigation complexes tels que ceux des Baures en Bolivie (département du Beni) (WINKLER VERLAD et ERIKSON) dont on retrouve les nombreux canaux rectilignes ou le réservoir Shao construit sous les Han le long de la rivière Huai en Chine (HSU, 1980). Dans des régions humides où la culture pluviale est aussi pratiquée, certains systèmes d'irrigation ont permis de coloniser des terres plus sèches, initialement inadaptées à des plantes réclamant beaucoup d'humidité, ou d'intensifier la

culture de ces espèces. C'est le cas des sociétés du Pacifique, qui ont aménagé et aménagent encore des bassins irrigués pour cultiver le taro (*Taro en bassins irrigués*). Ce faisant, elles ont transformé l'environnement pour l'adapter à la culture d'une plante importante, d'un point de vue alimentaire et culturel. Dans des milieux plus hostiles, comme ceux de l'Altiplano andin, les hommes ont également transformé l'environnement aride en accentuant ou creusant des cuvettes qui, une fois aménagées et reliées entre elles, assurent des fonctions d'irrigation, de stockage et de redistribution de l'eau, de fertilisation et de protection contre les vents desséchants ou les gelées nocturnes. C'est le système des *qochas* qui a permis, dès les temps préhistoriques, de subvenir aux besoins des civilisations andines, à côté des terrasses et les levées de terre. Entre les deux extrêmes, simples arrosages à la main ou systèmes hydrauliques complexes, tous les aménagements sont possibles.

Un autre type est représenté par les bassins d'inondation. Ce sont à la fois des réservoirs au moment des pluies torrentielles (en Inde au moment de la mousson), des casiers de collecte des eaux de ruissellement entre les averses et aussi des systèmes d'irrigation originaux. Il s'agit de bassins obtenus en érigeant des murs de terre d'un mètre de hauteur environ, disposés en carrés ou en rectangles dans des zones où l'eau est naturellement drainée. Ils sont adaptés aux zones semi-arides où les pluies saisonnières surviennent par orages. En saison humide, ils collectent et gardent les eaux de pluies abondantes qui s'accumulent dans ces cuvettes artificielles au sol peu perméable. Elles demeurent dans le bassin plusieurs mois, chargeant le sol d'humidité. Ce sont alors des réservoirs. En saison sèche et avant les semailles, des brèches sont progressivement pratiquées dans les parois pour acheminer l'eau d'un bassin à l'autre puis on cultive sur la terre humide des parcelles drainées. Les paysans savent, par expérience, respecter l'ordre de vidange des bassins et s'accordent entre eux dans l'ouverture et la fermeture de chacun. Cette régulation de l'eau entre les bassins apparente le système à un mode d'irrigation. L'eau excédentaire, une fois tous les bassins irrigués et drainés, est acheminée vers un cours d'eau naturel. Ce système permet aux paysans d'assurer leurs cultures d'hiver sans attendre les pluies qui peuvent tarder, après une longue sécheresse. On les appelle *haveli* (PRINZ et MALIK, sd) et ils représentent l'une des nombreuses formes que prennent les *tank* en Inde.

Dans certains cas, l'arrosage est moins essentiel que le contrôle des ravageurs et des mauvaises herbes. La maîtrise de l'eau se substitue alors à des coûts directs de pesticides et le travail d'aménagement est non seulement un investissement à long terme mais offre aussi une possibilité de décaler le calendrier culturel. Un exemple de cette fonction particulière de l'irrigation est fourni par les **systèmes de casiers au Mexique**.

L'eau sert de vecteur aux éléments fertilisants dans le cas du purinage, du limonage ou de l'irrigation fertilisante et permet le renouvellement de la fertilité. Dans les zones arides, où les méthodes de retenue des eaux et de gestion de la fertilité sont souvent inséparables, les pluies torrentielles érodent le sol et les sédiments s'accumulent à l'arrière des talus et des barrages. Sans créer totalement un sol, ils participent à la gestion de la fertilité en dénudant toutefois les terrains d'amont. Au fil des années, ils aboutissent à la création de terrasses cultivables. Avec le limonage, ou colmatage, on assiste à un mode d'irrigation dont la fonction principale n'est pas l'irrigation ! En effet, ce sont avant tout les sédiments fertiles que les paysans veulent capter et transférer pour reconstruire un sol pauvre ou peu épais. Pour cela, ils dérivent et dirigent le cours d'une rivière limoneuse de façon que l'eau transporte les sédiments désirés et les dépose sur les parcelles de culture. En vallée, le col-

matage est une pratique fréquente pour renouveler la fertilité ou bien pour rendre plus argileux des sols trop sableux. C'est la technique du *lameo* en Bolivie ou celle des casiers de limonage au Mexique (**L'or de Chilac**). L'eau, déviée et dirigée le long d'une série de canaux et de portillons, doit être acheminée rapidement jusqu'au site de culture afin que les sédiments ne se déposent pas de façon excessive derrière le barrage ou au fond des canaux. Puis, l'eau doit être ralentie dans les parcelles pour que, à l'inverse, les sédiments s'y déposent. À la longue, ces derniers finissent cependant par engorger les canaux et aboutissent à une élévation du niveau des parcelles. Aussi, les paysans doivent curer les uns, surélever les autres et ajuster en permanence les niveaux afin que tout le système hydraulique fonctionne correctement.

Dans ce type d'irrigation, les droits familiaux sur l'eau datent de l'époque où les aménagements ont été construits. La survie des communautés exige toutefois une renégociation des règlements suite à la croissance démographique et aux partages successoraux. Aujourd'hui, les migrations et la pluriactivité des paysans engendrent des divergences d'intérêts qui retardent le réajustement des tours d'eau, diluent les responsabilités dans l'entretien des ouvrages et aboutissent souvent à la désaffection de ces techniques d'irrigation traditionnelle.

L'irrigation au pot à Oaxaca (Mexique)

Nomenclature

L'exemple d'irrigation au pot (*riego a brazo* en espagnol) traité ici est fondé sur des chaînes de puits creusés à intervalle régulier entre les planches de culture. Celles-ci sont arrosées à la main, avec un pot d'eau puisée au puits.

Localisation géographique

L'exemple choisi concerne la vallée d'Oaxaca au Mexique où ce système est développé et où la technique a été bien documentée¹. La vallée s'élève à une altitude de 1 500 m en moyenne. Elle est encerclée par de hautes montagnes et drainée par deux fleuves : l'Atoyac et son affluent le Salado qui convergent à hauteur de la ville de Oaxaca. Son climat semi-aride accuse une pluviométrie annuelle de 500 mm à 700 mm, les pluies survenant principalement l'été (mai à septembre). La plaine d'inondation actuelle est étroite, plus chaude et plus sèche que les piémonts. À son niveau, la nappe

phréatique est haute, permettant le maintien d'une agriculture tout au long de l'année. Elle s'abaisse progressivement dans la partie supérieure de la plaine alluviale, beaucoup plus large autrefois, puis au niveau des piémonts.

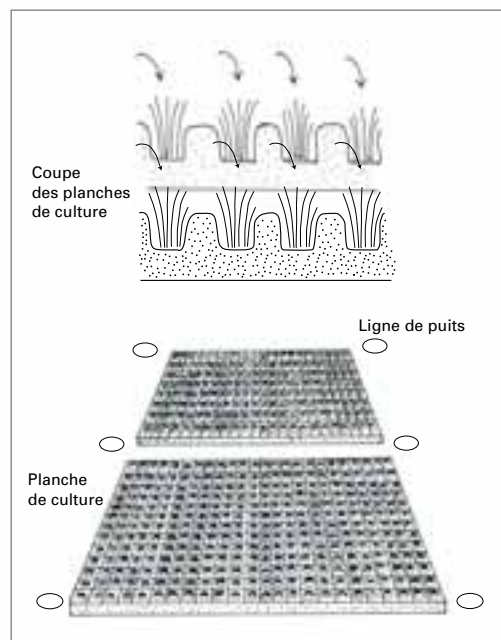
L'irrigation au pot est prépondérante dans les petites vallées Zaachila, au nord de Oaxaca et dans la vallée Tlacolula, située à l'est et plus sèche. Ce mode de culture est pratiqué en fond de vallée, dans les zones humides (*tierra de humedad*) où la nappe phréatique est à moins de huit mètres de profondeur. C'est donc une composante majeure de la culture sur bas-fond humide et un mode de culture complémentaire à l'irrigation par dérivation de crue. Là où la nappe phréatique est élevée, irriguant sans problème les cultures tout au long de l'année, le nombre de puits est faible. Au fur et à mesure que la nappe s'enfonce et que la culture sur bas-fond humide devient de plus en plus marginale, l'irrigation au pot s'impose pour pallier le manque d'humidité, rendant nécessaire l'augmentation du nombre de puits. Puis, dès que la profondeur de la nappe souterraine dépasse huit mètres, l'irrigation au pot disparaît car elle devient trop difficile à pratiquer.

On retrouve ce mode de culture, à base de petits puits de champs, dans d'autres vallées mexicaines ainsi qu'au Guatemala. À Cotonou, au Bénin, on a observé un mode de culture similaire. Des puits de grandes tailles sont creusés à intervalles réguliers et approvisionnement en eau le maraîchage installé en zone côtière.

Conduite technique

L'irrigation au pot est pratiquée sur de petites superficies, inférieures à 0,1 hectare. Des puits sont creusés en ligne au milieu de la parcelle de façon qu'aucune surface à irriguer ne soit située à plus de 10 m de l'un d'eux. La par-

L'irrigation au pot est un système d'arrosage manuel avec l'eau tirée de puits.



¹ La rédaction de ce paragraphe s'est essentiellement appuyée sur l'étude de A. KIRKBY (1973).



© C. Dejoux

celle est aménagée en planches surélevées, de forme rectangulaire, séparées par des allées. Elles sont de petite taille (10 x 15 mètres au maximum, souvent moins) et divisées en compartiments circulaires ou rectangulaires. Les compartiments, de 20 cm à 50 cm de côté ou de diamètre, sont creusés dans la planche sur 10 cm de profondeur de sorte que chaque petite cavité soit entourée d'une levée de terre protectrice, également capable de retenir l'eau. On place alors de une à huit plantes dans chaque compartiment. L'arrosage est quotidien et se fait à l'aide de pots en terre de 10 litres, remplis dans le puits le plus proche. Il faut environ 5 h à 6 h pour irriguer un peu plus de 350 m². Au prix de ce travail harassant, les plantes reçoivent régulièrement et sans gaspillage l'eau dont elles ont besoin. L'eau est concentrée au pied des plantes et retenue par les murets de terre. Le risque élevé de salinisation est compensé par une rotation annuelle des cultures. Le sol est fertilisé par des engrais animaux fournis par le bétail. Les espèces cultivées selon cette technique sont variées : tomate, choux, haricot vert, ail, oignon, piment ou fleurs. Mais chaque village se spécialise dans deux à trois espèces.

Histoire et société

Le peuplement de la vallée est très ancien et remonte à plus de 10 000 ans avant J.-C. (FLANNERY, 1986). Les bandes de chasseurs-cueilleurs commencent à se sédentariser vers

Végétation sub-désertique des hauts plateaux de Oaxaca avec euphorbiacée.

7 000 avant J.-C. puis à pratiquer un peu d'agriculture. En 2 000 avant J.-C., des communautés humaines sont déjà installées sur les piedmonts et mènent une agriculture sur terrasses irriguées par de petits canaux collectant les eaux de ruissellement ou de crue. Puis, les Zapotèques arrivent dans la vallée et développent une civilisation brillante ultérieurement supplantée par la civilisation mixtèque au début du xvi^e siècle et, finalement, par les Aztèques, peu de temps avant la conquête espagnole. Bien que l'irrigation au pot puisse remonter à une date plus avancée (1 200 avant J.-C.), les premières structures susceptibles d'en témoigner sont datées tout au plus de 400 avant J.-C. Il s'agit de petites cuvettes circulaires creusées à intervalles réguliers dans le lit de certains canaux. À la même époque, de vrais puits sont également creusés. L'irrigation au pot commence certainement comme un mode de culture individuel, soutenant une économie de subsistance. À cette époque, les modes d'agriculture sont dominés par l'irrigation et la culture du maïs. La gestion de l'eau et les droits d'accès à l'eau sont contrôlés au sein d'un système communautaire très centralisé auquel les fermiers échappent partiellement en aménageant pour leur compte ces parcelles irriguées à la main. Ultérieurement ce mode de culture a

persisté, en complément de la culture du maïs sur les terres humides des bas-fonds.

Aujourd'hui, l'irrigation au pot s'insère dans un système agraire intégrant l'irrigation par dérivation ou épandage des crues (au moyen d'un réseau de canaux en terre), l'irrigation à la raie à partir des puits et un peu de culture pluviale. Les différents types d'irrigation sont distribués tout au long de la vallée en fonction de la situation topographique des terres à irriguer et de leur distance par rapport aux lits des rivières temporaires dont les crues saisonnières sont utilisées. Chaque paysan possède plusieurs parcelles, chacune étant cultivée selon des modalités d'irrigation différentes de façon à minimiser les risques de mauvaise

récolte. Dans la vallée, l'irrigation au pot se pratique essentiellement sur de petits jardins autour des villages et dans les régions mal irriguées où la nappe phréatique est toutefois proche de la surface. Elle a progressivement évolué vers la production de surplus vendus sur les marchés, puis certains villages se sont entièrement spécialisés dans ce mode de production, situant leurs champs sur les emplacements adéquats, c'est-à-dire là où la nappe phréatique est la plus proche de la surface.

L'irrigation manuelle ne dépend pas, comme l'irrigation par canaux, d'une gestion communautaire de l'eau qui attribue à chaque village des tours d'eau. Elle permet donc une certaine liberté individuelle qui s'exprime cependant dans un cadre rigoureux caractérisé par des règles et des comportements communautaires précis. Chaque communauté se spécialise dans deux à trois types de plantes, vendues sur les marchés, si bien que chacun doit cultiver ce que cultive son voisin et suivre des rythmes de travaux agricoles synchrones. Mais les savoir-faire sont partagés et chaque innovation efficace est diffusée rapidement. Des systèmes d'échanges, de reversement des surplus aux moins favorisés et des fêtes de village évitent l'accumulation des richesses entre les mains de certains, freinent l'enrichissement individuel, limitent l'intensification possible de l'agriculture, mais garantissent une certaine sécurité sociale. Comme partout ailleurs, les valeurs traditionnelles qui faisaient de l'agriculture le pivot des modes de vie ruraux disparaissent. La solidarité communautaire s'érode et l'agriculture apparaît de plus en plus comme un investissement financier familial et un moyen de s'enrichir personnellement. Dans ce contexte, l'agriculture au pot et le maraîchage qu'elle supporte si bien deviennent de plus en plus individuels et, bien évidemment, se transforment.

Références

ARMILLAS, 1984 ; CHAABOUNI, 1984 ; FLANNERY, 1986 ; KIRKBY, 1973 ; LESS, 1973 ; TAYLOR, 1969 ; WILKEN, 1977.

L'irrigation au pot est très répandue dans les petites vallées autour de Oaxaca.



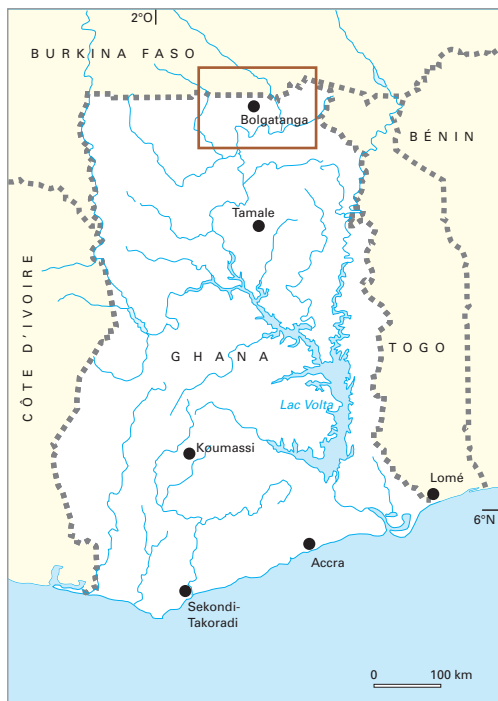
Les puits « itinérants » au nord du Ghana

Nomenclature

L'agriculture de puits itinérants se caractérise par le creusement annuel de puits qui sont rebouchés en fin de saison sèche afin de ne pas gêner les cultures de saison des pluies, le riz en particulier.

Localisation géographique

Bien que les références de ce type d'agriculture soient peu abondantes, l'auteur les localise dans la zone de savane et sahélienne depuis le Sénégal et le Mali jusqu'au nord du Ghana. Au nord du Ghana, les sols sont le plus souvent argileux ou limono-argileux en surface reposant sur des horizons plus sableux où s'emmagasine l'eau durant la saison des pluies



qui commence à la fin du mois de mai et se termine après la première décade du mois d'octobre. Le total des précipitations en année normale est d'environ 900 mm et le nombre de jours de pluies utiles est de 90 jours. Il semble que seul le creusement dans les bas-fonds à proximité du marigot donne accès à l'eau en saison sèche, ce qui exige de les reboucher car il s'agit de la zone de cultures pluviales.

Conduite technique

Les cultures de contre-saison, en particulier la tomate, le piment et d'autres produits maraîchers commencent à la fin du mois d'octobre dans le bassin de l'Antakwidi situé dans la région Upper East du Ghana. Les eaux de la nappe phréatique à faible profondeur servent à l'irrigation de parcelles de maraîchage qui sont généralement situées dans les bas-fonds ou sur les berges du marigot qui, à cette période de l'année, est à sec. La profondeur des puits varie entre 3 et 9 m selon qu'on se situe à Anayere à l'aval du bassin ou à Mirigu en haut de bassin.

Les puits sont construits individuellement ou bien collectivement en coopération au sein de l'exploitation familiale. Leur construction manuelle requiert au moins deux personnes : une pour le fonçage (ou creusement proprement dit) et l'autre pour rapporter le déblai en surface. Les outils sont fabriqués dans la plupart des cas par des artisans locaux :

- une houe utilisée à la phase initiale pour le nettoyage de la zone d'implantation des herbes et racines ;
- une pioche de terrassier pour le creusage ;
- un sceau et une corde pour le déblai ;
- une calebasse utilisée comme pelle-bêche.

Dans le nord du Ghana en zone de savane, des puits sont creusés puis remblayés selon les saisons culturales.



© B. Barry

Approfondissement d'un puits à l'aide d'une calabasse au Ghana.



© B. Barry

Jeune fille attendant de récupérer le déblai.



© B. Barry

La construction des puits a lieu durant toute la période de maraîchage. En effet, la profondeur des puits augmente au fur et à mesure que la saison avance et par conséquent que la demande en eau des plantes augmente. Il est aussi à noter que plus on avance dans la saison sèche plus le niveau de la nappe phréatique baisse. Cela nécessite d'avoir plusieurs puits près de la parcelle, chacun nécessitant un approfondissement fréquent. En fin de saison de production maraîchère et avant l'hivernage (saison des pluies), les puits sont remblayés pour éviter des accidents qui pourraient survenir quand les bas-fonds se remplissent d'eau, car ceux-ci sont généralement cultivés en riz pluvial de mai à septembre.

Les parcelles de cultures sont réduites et leur taille dépasse rarement 1 000 m². L'arrosage de la parcelle est réalisé à l'aide de petits seaux en plastique de faible capacité (5 litres). Les jeunes plants de tomate et de piments sont repiqués dans des sillons qui sont creusés dans la parcelle. L'arrosage se fait ainsi uniquement dans le sillon, ce qui fait qu'on procède à une irrigation localisée qui nécessite moins d'eau car les zones non cultivées ne sont pas arrosées. Les puits creusés dans le lit des rivières sont le plus souvent équipés de petites motopompes quand les cultures maraîchères sont associées avec le tabac. L'introduction du tabac comme culture de rente est récente dans la région et les profits laissent penser que davantage de producteurs vont l'adopter. Les rendements agricoles sont acceptables si on tient compte du fait que moins de 10 % des producteurs utilisent des engrais minéraux et seulement 60 % des personnes interrogées utilisent des semences certifiées.

Parcelle préparée pour la culture de tomates et ses différents puits au Ghana (installation d'un piézomètre dans un ancien puits).

Histoire et société

La production maraîchère provient pour l'essentiel de petites exploitations familiales qui produisent depuis peu des produits maraîchers destinés à la vente. L'émergence de cette forme d'agriculture coïncide avec la période des grandes sécheresses des années 1970 et 1980, et le besoin de trouver de nouvelles sources de revenu, la plus grande facilité de trouver des semences de qualité, la forte demande de produits maraîchers dans les grandes villes du sud (Koumassi et Accra) et surtout l'ouverture d'une usine de conserve de tomate dans la région.

L'explication du rebouchage annuel des trous repose sur le fait que les producteurs de maraîchage de saison sèche ne sont pas les mêmes que ceux de saison des pluies. Les familles octroient le droit de cultiver en saison sèche soit aux dépendants lignagers, soit à des fermiers maraîchers venant de l'extérieur. En contrepartie, une part de la production est cédée aux propriétaires.

Références

BARRY et SONOU, 2003 ; *Hunger without frontiers*, 2004 ; IWMI, FAO et CTA, 2001.

Les sculpteurs de montagne

L'essor des *canteros* dans les Andes équatoriennes

Nomenclature

Les Indiens des Andes centrales de l'Équateur pratiquent l'une des plus impressionnantes mises en valeur agricole montagnarde. Sur les versants abrupts du plus haut volcan du pays, le Chimborazo (6 300 mètres d'altitude), les paysans sont partis à la conquête des terres fertiles, qui, pour être productives, nécessitent un apport artificiel en eau. Les conceptions communautaires de l'accès aux ressources se dessinent dans le paysage (photo 1). Chaque famille relève d'un groupe défini qui contrôle précisément un terroir sur l'une des croupes (*loma*) où parvient l'eau dérivée d'un torrent d'altitude. Elle dispose d'un accès aux terres du haut et du bas du versant, dans l'optique de partager avec les autres membres du groupe tous les types de sols et de disposer d'eau dans des conditions équivalentes quoique difficiles. Comment peut-on appeler cette formation agraire si particulière ? On manque de qualificatif adéquat. On sait qu'elle résulte d'une équation complexe où la pression démographique est forte, la culture avec arrosages en condition extrême est développée, le besoin d'équité au cœur des sociétés locales est fondamentale. Dans d'autres pays des Andes, ces éléments donnent lieu à ce que certains dénomment l'agriculture de *caracoles* (décrit au nord du Chili par M. A. RIVERA DIAZ, 1987). L'expression renvoie à la finesse du système technique d'irrigation où l'eau va s'écouler dans des sillons aux formes sinueuses, le plus souvent en zigzag. Les paysans d'Équateur désignent leur aménagement parcellaire sur les pentes comme des *canteros*, des planches sculptées dans la terre inclinée pour faire avancer l'eau parcimonieusement et le plus loin possible, jusqu'à l'aval de son champ, étiré parfois sur plusieurs centaines de mètres alors que la largeur atteint moins de 5 mètres.

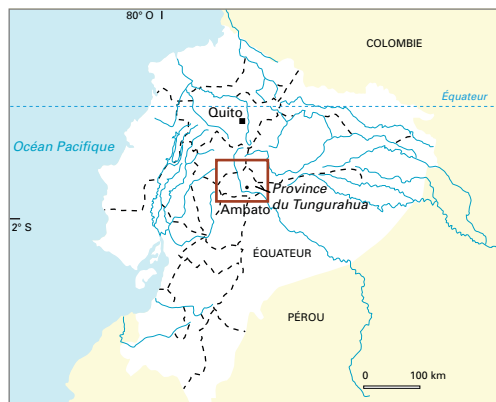
Localisation géographique

L'organisation foncière et hydrique des *canteros* équatoriens ou des *caracoles* chiliens existe dans la plupart des pays andins et plus généralement dans les pays de montagne, mais sans jamais atteindre l'ampleur constatée dans les Andes centrales de l'Équateur. Là, le système est étendu à de larges versants pour des milliers de familles.



Conduite technique

Contrairement à d'autres peuples montagnards, les Indiens du Tungurahua n'ont pas opté pour des systèmes de terrasses irriguées (dont ils avaient certainement eu connaissance par le monde incaïque puis par le système colonial espagnol). Certes, il leur était sans doute difficile de les consolider faute de pierres sèches disponibles à proximité. Quoi qu'il en soit, l'eau qui s'écoule dans les *canteros* parcourt des centaines de mètres en défiant les lois d'avancement de l'eau dans la terre et les effets de l'érosion. En effet, cette forme de sillons en zigzag joue sur l'alternance d'accélération de l'eau dans les virages et de ralentisse-



Dans les Andes centrales de l'Équateur, les Indiens pratiquent une agriculture adaptée aux étages montagnards.



© T. Ruf

ment sur la raie la moins inclinée possible. Par la répétition de l'avancée de l'eau et son ralentissement, l'eau progresse bien au-delà d'un système classique de sillons d'arrosage rectiligne. Dans les terrains sablo-limoneux volcaniques très perméables, la progression de l'eau s'arrête normalement au bout de 30 à 40 mètres (l'eau pénètre sur toute la surface mouillée rapidement). Avec le *cantero*, l'eau va avancer jusqu'à dix ou vingt fois plus loin. Le processus érosif est lui-même ralenti. Le chemin tortueux modifie sans cesse la vitesse de l'eau. Elle entraîne quelque peu la terre, mais celle-ci se dépose immédiatement après le virage dans le segment peu incliné. C'est une sorte de correction torrentielle très localisée.

Dans les étages les plus hauts de la montagne, l'adoption de ce dispositif de champs donne aujourd'hui une structure complexe de parcelles cultivées longues et étroites, où chaque famille compose son assolement avec des cultures céréalières de base comme le blé et l'orge, des cultures fourragères comme la luzerne et des cultures plus spéculatives destinées aux marchés urbains des Andes et du Pacifique. En fait, compte tenu des conditions climatiques qui règnent à cet endroit du monde, la culture est possible tout le long de l'année, pour peu que les pluies soient bien réparties : en moyenne, à 3 000 mètres d'altitude, il

Photo 1

Le versant de Chiquicahua exploité par le groupe indien de Mulanleo, province de Tungurahua (Équateur).

manque 200 à 300 millimètres de pluie annuelle pour couvrir les besoins de la culture continue. Ce déficit varie en fonction de l'altitude. Plus on descend vers le centre du bassin et plus la sécheresse se manifeste (formation semi-aride à 2 300 mètres d'altitude) par la chaleur et le manque de pluie. Plus on monte vers les étages élevés, notamment vers le *paramo*, une formation végétale pérenne humide et froide, moins le déficit est grand, mais, quand il se manifeste, il peut avoir des conséquences aussi fâcheuses : à 3 500 mètres d'altitude, les cultures allongent leur cycle de plusieurs semaines et la sensibilité au manque de pluie est forte. En outre, les variations pluviométriques interannuelles sont assez marquées et surtout l'absence répétée de pluie se manifeste à n'importe quel moment de l'année, même aux périodes réputées pluvieuses.

Afin d'éviter ce risque présent dans tous les étages montagnards, les agriculteurs ont cherché à dériver les eaux qui descendent des *paramos* vers leur *lomas*. Des dizaines de

canaux drainent la montagne. Un grand nombre sont locaux : chaque communauté installée sur une croupe du versant a capté l'eau qui s'écoule de part et d'autre de la *loma*. D'autres canaux sont des ouvrages communs à plusieurs communautés et propriétaires et ils apportent l'essentiel de l'eau nécessaire à cette agriculture intensive dont la réussite est attestée par l'essor démographique de la région.

Pour garantir aux paysans la faculté de cultiver de manière continue, il est absolument nécessaire que les canaux assurent bien le transfert d'eau toute l'année vers les dizaines de milliers de *canteros*. Car en situation normale, une culture succède immédiatement à la précédente. De plus, chacune peut être pratiquée selon divers calendriers : sous l'équateur, les saisons ne sont ni froides, ni chaudes, elles sont humides ou sèches. Le calendrier agricole andin commence par la petite saison des pluies en octobre-novembre. Ce sont les semailles des cultures pluviales mises en place au-dessus de 3 000 mètres. Survient en décembre et janvier une petite saison sèche (le *veranillo* – petit été) qui, en cas d'absence totale des pluies, ruine les cultures s'il n'y a pas d'irrigation. Vient ensuite la grande saison des pluies de février à mai dont les effets sont bénéfiques aux plantes cultivées mais c'est aussi le moment des épisodes destructifs pour les canaux qui doivent être surveillés. L'été sec survient de juin à septembre et limite les possibilités de culture. En maîtrisant les arrosages, les paysans peuvent mener à bien deux cultures par an et valoriser au maximum l'usage des ressources foncières, eaux et travail.

Histoire et société

L'eau d'arrosage constitue comme dans toute société hydraulique un élément déterminant de la survie des groupes et des individus qui en ont la maîtrise. Il s'agit, en effet, d'affirmer son emprise sur un espace producteur d'eau, le haut bassin montagnard, de mettre en place de manière pacifique une technique de transfert de cet espace haut et éloigné vers les terres agricoles des *lomas*, situées parfois à plusieurs kilomètres ou dizaines de kilomètres de distance vers le bas des versants. Il s'agit encore de répartir cette eau entre les centaines d'utilisateurs concurrents et d'assurer que le *cantero* reçoit bien à temps et en quantité voulue le volume d'eau nécessaire à la croissance des plantes. C'est donc une organisation complexe pour réguler les conflits qui éclatent en maints endroits du système.

Reprenons ces éléments depuis une parcelle cultivée située à 40 kilomètres du point de captage de l'eau (photo 2). C'est toute la famille, homme, femme et enfants qui vont opérer quand l'*aguatero* du canal leur donnera le signal. La main d'eau est forte, 30 litres par seconde, parfois 50. Ils n'auront que quelques minutes d'accès à ce débit, mais il est fondamental d'en contrôler l'usage pour ne pas casser les *canteros*. Aménager ces champs était déjà un art aussi bien qu'une technique, mis en œuvre par des milliers de gens pour dresser la mosaïque hydraulique et agricole. Piloter l'eau dans les divers sillons est aussi bien une technique à connaître que l'expression d'artistes du mariage entre l'eau vive et la terre sèche. L'agitation est perceptible, les voisins sont aussi là car ils attendent leur tour. En quelques instants, la main d'eau est fractionnée pour alimenter plusieurs *canteros* parallèles. On surveille les quatre coins de la parcelle et si l'entente avec les voisins est bonne, on va même coopérer pour irriguer plusieurs parcelles en même temps en additionnant les différents droits d'eau et en multipliant le nombre de *canteros* irrigués en même temps.

La coopération est la clé de voûte de toute cette société. Cette main d'eau ne vient pas directement du ciel. Avant d'arriver, il a fallu que les hommes s'entendent d'une manière ou d'une autre. Les Indiens du Tungurahua auront certainement expérimenté différents modèles de travail en commun, à commencer par celui de leur société ancienne, avant l'arrivée des colons espagnols au *xvi^e* siècle. Ils ont connu par la suite des expériences diverses de déplacement et de travail forcé aux *xvii^e* et *xviii^e* siècles. Mais déjà, quelques groupes paysans métis libres trouvaient des ressources propres pour établir des petits canaux communs, dans une sorte de syncrétisme entre sociétés indiennes communautaires et sociétés espagnoles pratiquant l'entraide entre individus. Après l'indépendance du pays, la domination des haciendas fut totale et l'emprise indienne sur l'eau réduite à presque rien. Les familles riches du Tungurahua investissent dans l'hydraulique et se disputent âprement le contrôle de l'eau, en particulier autour du Chimborazo (NUÑEZ, 2001). Les plus grands canaux, le canal Casimiro Pazmiño et le canal Chimborazo, sont construits à la fin du *xix^e* siècle sur des bases de parts sociales du capital. Quelques groupes paysans métis y participent et vont dénommer les droits d'eau sur ces nouvelles ressources *aguas compradas*, les eaux achetées, en opposition aux *aguas comunitarias*, les eaux communes



© T. Ruf

comme celles du canal Chiquicahua ou des plus petits canaux.

Au cours du ^{xx}^e siècle, les entrepreneurs des grands canaux vont faire faillite. Plusieurs facteurs interviennent, comme la disparition rapide et précoce des haciendas vendues par lots à de petits producteurs ou à des coopératives dominées par les anciens ouvriers indiens, les *huasinpugueros*. La gestion privée de l'eau s'avère plus difficile qu'il y paraît avec le morcellement des terres et le manque d'intensification agricole. Pour éviter une crise sociale supplémentaire, les gouvernements équatoriens successifs favorisent l'émergence d'associations d'usagers des canaux dont les bénéficiaires sont les paysans métis dans les étages bas et les communautés indiennes dans les étages supérieurs. Les pressions sur les terres et sur l'eau s'accroissent par trois phénomènes concomitants : avec la ligne ferroviaire Quito-Guyaquil, le Tungurahua devient le centre des échanges entre les provinces équatoriennes de la Costa, de la Sierra et de l'Amazonie. Les expériences agronomiques des Martinez, une famille de scientifiques de la capitale provinciale, Ambato, permettent de formuler divers modèles d'intensification horticole et agricole pour les petites exploitations. La pratique des *canteros* s'adapte à toutes les terres des versants, même les plus inclinés. La province devient un

Photo 2

Une planche d'arrosage, le *cantero*, dans la zone des groupes métis en aval de Juan Begnino Vela (Santa Rosa, province du Tungurahua).

producteur de fruits et légumes de plein champ qui sont transportés vers toutes les régions du pays. Les Métis sont les premiers à bénéficier des ressources et à gérer les canaux « déprivatisés ». Mais les Indiens commencent aussi à demander des comptes d'autant plus que les dernières haciendas ont été conquises et qu'il n'y a plus de terre disponible en bas. La frontière agricole monte vers le *paramo*, avec une incidence probable sur les capacités de rétention des eaux. Les débits diminuent. Cependant, l'accroissement des usages *via* les *canteros* aboutit aussi à diminuer fortement les volumes d'eau transférés dans la zone à l'aval, proche d'Ambato. Le gouvernement équatorien, qui a décrété en 1967 la domanialité de l'eau et qui la concède aux usagers organisés, propose aux Métis d'aval de réaliser un grand projet de transfert d'eau du rio Ambato par un tunnel d'une dizaine de kilomètres. Dès la mise en place du nouveau système financé par des bailleurs de fonds internationaux, les Indiens du Chimborazo n'auront de cesse de réclamer l'adjudication des eaux de l'*acequia*



© T. Ruf

Chimborazo à leurs 40 communautés réparties sur une douzaine de *lomas* traversées par l'ouvrage sans délivrer de l'eau.

La lutte des communautés se révèle efficace et l'eau est enfin attribuée à 5 000 familles pauvres en altitude, une chance rare pour promouvoir le développement social et économique... grâce aux fameux *canteros*. La répartition des eaux fait l'objet d'intenses discussions, elle aboutit à un accord négocié entre communautés indiennes qui s'allient à certains groupes métis pour renforcer leur légitimité. L'établissement de règles équitables pour entretenir le canal et représenter les communautés dans la *junta central* joue un rôle fondamental de lien social et de renforcement identitaire autour de l'eau commune (photo 3).

Cependant, les principes de répartition du temps en minutes semblent avoir atteint une certaine limite aujourd'hui. Les Indiens préfèrent arroser l'ensemble des *canteros* successivement de l'amont vers l'aval, quitte à devoir attendre plusieurs semaines que le tour d'eau revienne. Les Métis fondent leur répartition sur des horaires fixes et répétitifs hebdomadaires, même si ces volumes ne permettent pas d'irriguer tous leurs *canteros* à chaque tour. L'accompagnement des communautés indiennes et des groupes métis se poursuit actuellement par diverses organisations non gouvernementales dont le rôle en Équateur est devenu déterminant à la suite des réfor-

Photo 3

**Entretien du canal
Cunugyacu-Chimborazo par un groupe
formé d'Indiens et de Métis.
(Santa Rosa, province du Tungurahua).**

mes politiques et des ajustements structurels. Depuis 1995, l'administration de l'eau du pays manque de moyens et la population paysanne se voit soumise depuis dix ans à plusieurs tentatives de privatisation des eaux. Des troubles sociaux et politiques ont secoué le pays et tous les promoteurs du modèle chilien des marchés de l'eau ont dû quitter le pouvoir, alors même que le Fonds monétaire international et la Banque mondiale exercent toujours des pressions dans ce sens. Pour l'heure, les paysans du Tungurahua ont pu s'organiser en mouvement syndical et mouvement professionnel et défendent de pied ferme le maintien de leur culture et de leur droit d'eau chèrement acquis au cours de l'histoire. *El cantero jamás será vencido* ?

Références

GIRARD, 2004 a ; GIRARD, 2004 b ; HADJAJ, 1998 ; IEDACA, 2002 ; MARCHAND, 1996 ; METAIS et CRUZ, 2003 ; MUJICA BARREDA, 1997 ; NUÑES, 2001 ; RIVERA DIAZ, 1987 ; RUF et NUÑES, 1997 ; RUF, 2001 ; VALONY, 2002.

Taro en bassins irrigués

Nomenclature

La croissance du taro (*Colocasia esculenta*) et du taro géant des marais (*Cyrtosperma chamissonis*) exige beaucoup d'humidité. La culture pluviale itinérante est pratiquée là où la pluviométrie est satisfaisante, mais quand l'humidité est excessive ou insuffisante, l'homme draine ou irrigue les parcelles. Plusieurs techniques sont employées :

La culture en marais ou marécage (*raised bed in swampland, swampland cultivation*) consiste à surélever des lits de terre sèche dans les bas-fonds ou les marais de façon à contrôler la nappe d'eau qui circule dans les fossés (voir Les jardins drainés des Dugum Dani). C'est une culture drainée. La culture inondée (*flooding cultivation*), sans contrôle de l'eau, revient à bloquer l'eau par des murs en pierre dans de petits ruisseaux et à la diriger en nappe vers les cultures, sans canalisation (voir Le taro en culture inondée). La culture en îlots (*island bed system*) repose sur la construction de banquettes de terre surélevées sur lesquelles le taro est planté et entre lesquelles l'eau circule. C'est une forme d'irrigation dont les structures visibles sont proches de la culture en marais. La culture en sillons décrite à Futuna et au Vanouatou (*furrow cultivation*) (SPRIGGS, 1996) se rapproche de ce mode de culture. La culture en bassins irrigués (*pondfield*) s'appuie sur l'irrigation de bassins en terrasses à partir d'une prise d'eau sur un cours d'eau permanent. L'eau circule ensuite d'un bassin à l'autre à travers des brèches ouvertes dans les bourrelets de soutien. On appelle tarodièrre l'ensemble formé par le canal principal, les canaux secondaires, les terrasses irriguées et les cultures. C'est ce mode d'agriculture qui est traité ici. Enfin, dans les îlots coralliens la culture en fosse (*pit cultivation*) s'appuie sur l'utilisation d'une lentille d'eau douce surnageant au-dessus de l'eau salée. Elle est atteinte en creusant des fosses où le taro est cultivé (Jardins d'atolls en fosse).

Localisation géographique

Les tarodières à bassins inondés se retrouvent de l'Asie à la Polynésie sur les îles hautes pourvues de cours d'eau permanents. C'est en Polynésie qu'elles sont les plus nombreuses (Hawaï, Samoa, Marquises, îles de la Société, Cook, Wallis et Futuna), mais on trouve de belles réalisations en Mélanésie (Papouasie Nouvelle-Guinée, Salomon, Vanouatou, Nouvelle-Calédonie et Fidji). Au Vanouatou, la culture irriguée se pratique sur les côtes sous le vent, plus sèches, des îles pluvieuses du Nord (Torres, Vanua-Lava), dans les régions montagneuses ou côtières de Santo, Maéwo, Pentecôte et Ambaé ainsi qu'à Futuna et Anatom au sud. Elle permet une culture continue, indépendante des saisons, sauf lorsque le cours d'eau est saisonnier. La tarodièrre en bassins inondés est très proche de la rizièrre et soutient souvent des cultures mixtes : taro dans le casier, maraîchage et fruitiers sur les banquettes.

Conduite technique

On installe dans le lit peu profond d'une rivière permanente ou temporaire un barrage

de pierre suffisamment solide pour retenir les eaux courantes, mais assez souple pour pouvoir être détruit par les grandes crues, cela afin d'éviter la submersion des canaux et des jardins. En amont du barrage une prise d'eau est aménagée en formant une brèche dans les berges de la rivière. À partir d'elle, un canal est creusé, parfois long de plusieurs kilomètres. Il capte et dirige les eaux d'irrigation jusqu'au site de culture en s'adaptant à la topographie du trajet. Il est empierré dans les zones de forte érosion, remplacé par des conduits en bambou lorsque la pente est trop raide, élargi par endroits, de façon à assurer une pente constante et un écoulement régulier. Il s'agit donc d'un aménagement hydraulique de grande envergure qui nécessite un savoir-faire spécialisé que seuls détiennent quelques hommes.

Le site de culture est constitué d'une série de terrasses nivelées divisées par des bourrelets de terre et soutenues par des murets qui suivent approximativement les courbes de niveau. L'aménagement commence par un nivellement grossier du sol puis par la construction des bourrelets de terre qui délimitent un grand bassin. Ils ont une largeur de 50 cm



En Océanie, la Mélanésie forme un chapelet d'îles au nord-est de l'Australie parmi lesquelles le Vanouatou.

niveaux de façon à ce que l'eau ne stagne à aucun endroit ou ne dévale pas trop rapidement d'un bassin à l'autre. À sa sortie, elle retourne à la rivière ou s'écoule librement dans un sol boueux. Lorsque le système hydraulique est jugé satisfaisant, la prise d'eau est totalement ouverte et la tarodièrre est mise définitivement en eau. La culture peut commencer.

Outre le taro qui en est la culture prédominante, la tarodièrre abrite toutes les plantes alimentaires usuelles en Océanie : cocotier, maïs, canne à sucre, oignon, choux, des îles (*Abelmoshus manihot*), bananiers, etc. Le taro est planté par bouturage dans les bassins en eau. On forme un trou dans les boues fertiles à l'aide d'un bâton à fouir et on y glisse une tête de corne garnie de ses pétioles, raccourcis à une trentaine de centimètres, ou un rejet démarré. Puis les

au moins et sont bordés par des troncs de cocotier, des branchages ou des pierres, les matières végétales incorporées à ces murets augmentant la fertilité du sol. Les dimensions de ce grand bassin varient selon le relief. Sur les pentes très raides, la largeur des terrasses est étroite, parfois réduite à un mètre, tandis qu'elle s'élargit sur les pentes faibles. On divise ensuite ce bassin en compartiments plus petits par des levées de terre parallèles à la pente ou par des murets identiques aux précédents. Ces plots s'allongent en bandes étroites en travers de la pente, tout au long de la courbe de niveau, ou bien ils se réduisent à un large rectangle de quelques mètres de côté. Certaines levées de terre, plus larges, servent de voie de passage. On organise au fur et à mesure l'écoulement de l'eau d'un bassin à l'autre, en mettant partiellement la tarodièrre en eau et en pratiquant des brèches d'entrée et de sortie au niveau des levées de terre. Lorsque deux à trois rangs de bassins bordés ont été construits, on augmente le niveau d'inondation pour vérifier très soigneusement les niveaux d'eau et la régularité du flux qui s'écoule alors par gravité d'un bassin à l'autre. À ce moment, des brèches ou des retenues supplémentaires sont pratiquées à différents

boues sont ramenées autour de cette bouture de façon à ce qu'elle reste en place, sans toutefois être étouffée. Il existe des dizaines de cultivars de taro qui se distinguent par les couleurs de leurs feuilles et de leurs pétioles. Selon les agriculteurs, ils sont répartis dans des bassins différents, dans des sections différentes du même bassin ou se mêlent les uns aux autres. La densité des plants de taro est d'environ 25 000 à l'hectare, ce qui donne une récolte de 40 tonnes, deux fois plus que celle du taro en culture pluviale. Des cultures maraîchères sont pratiquées sur les diguettes dont la terre est retenue par les racines du kava (*Piper methysticum*) et de jeunes arbres fruitiers.

La tarodièrre est généralement cultivée en continue tout au long de l'année mais dans certains endroits, où la prise d'eau se fait sur un cours d'eau temporaire, grossi en saison des pluies, elle devient saisonnière. Les agriculteurs fertilisent régulièrement l'eau d'irrigation en déposant des paquets de feuilles spéciales au niveau de certaines brèches. Ces plantes auraient aussi pour fonction d'éradiquer les ravageurs. L'eau sert de diluant et de moyen de transport à ces produits. Après trois cycles de culture, la fertilité des levées de



© IRD/A. Walter

terre n'est plus suffisante pour assurer un bon développement des cultures maraîchères. On ouvre alors un nouveau bassin, dans la partie inférieure, tandis que le taro est encore cultivé dans les bassins d'amont. Après quelques années, les bassins d'amont sont mis au repos à leur tour. Sur la côte ouest de Santo, au Vanouatou, une tarodière peut être cultivée durant 20 à 25 ans consécutifs, avant de retourner à la friche pour une durée équivalente. Ailleurs, sur terrain corallien, un seul cycle cultural est mené, suivi d'une jachère de longueur variable.

Ces lieux sont d'une grande beauté car les agriculteurs ont à cœur de l'égayer en plantant ici ou là, des plantes décoratives (et souvent rituelles) de couleurs variées, des arbres qui fournissent accessoirement un peu d'ombre, des aires de repos où l'on peut bavarder ou prendre une collation. Des nuées de libellules bleutées voletent de feuilles en feuilles, les verts et les rouges se marient au jaune éclatant des crotons, de petits poissons argentés nagent parfois entre les cormes et, en arrière-fond, le murmure de l'eau s'écoulant d'un bassin à l'autre apporte une note de fraîcheur et de calme. Néanmoins, les moustiques y abondent et les boues abritent les larves infestantes des ankylostomes.

Histoire et société

Il n'est pas certain que les Proto-océaniens qui ont peuplé le Pacifique il y a environ 2 500 ans

Culture de piments sur les murets de la tarodière.

aient apporté la technique des bassins irrigués. Certains auteurs (KIRCH et LEPOFSKY, 1993) soutiennent l'hypothèse de la multitude d'inventions en Polynésie à partir desquelles cette technique aurait atteint la Mélanésie. D'autres (YEN, 1973) penchent pour une invention unique mais assez ancienne, en Océanie centrale. On a relevé des vestiges archéologiques de tarodnières dans toutes les îles, certaines remontant au milieu du premier millénaire.

En 1568, Alvaro de Mendaña, l'un des premiers explorateurs du Pacifique, a observé des tarodnières en activité à Guadalcanal et aux îles Salomon. Ses successeurs ont noté leur présence en maints endroits puis leur extension s'est réduite à partir du contact européen.

Les hauts rendements de ces systèmes irrigués fournissent des surplus utilisés autrefois comme biens d'échanges dans de grandes fêtes coutumières. Certains ont voulu voir dans l'existence de ces tarodnières la preuve d'un régime centralisé capable de dégager l'importante main-d'œuvre nécessaire à l'aménagement et à l'entretien des murets et apte à accaparer les surplus pour son propre usage. Cela est vrai pour certaines sociétés, mais, en réalité, l'aménagement se fait progressivement à l'échelle d'une famille nucléaire. Sur la côte



© IRD/A. Walter

ouest de Santo, la parcelle sur laquelle la tarodièr est aménagée appartient aux descendants en filiation patrilinéaire (de père en fils aîné) de celui qui a installé le premier canal d'irrigation. Au-delà de ce droit qui implique aussi le devoir d'entretien du canal, chaque parcelle est cultivée par un membre de la communauté à qui la production appartient de plein droit. L'agrandissement de la tarodièr se fait d'année en année et bassin par bassin, par différentes familles réunies par cooptation. De même, chacun cultive des bassins irrigués dans plusieurs tarodièr et peut, d'une année à l'autre, abandonner ses parcelles dans l'une d'elles et en ouvrir de nouvelles dans une autre, après accord des autres usagers. La configuration des tarodièr varie ainsi au cours du temps, et tous les bassins ne sont pas systématiquement cultivés à un moment donné. Néanmoins, l'hydraulique du système doit être assurée en permanence, ce qui oblige à réorganiser continuellement l'écoulement du flux. L'entretien des levées de terre et la maintenance des écoulements sont assurés individuellement mais surveillés par tous, car une fissure à un endroit peut déséquilibrer tout le système. Lorsque le trajet d'un long canal d'irrigation traverse les terres d'une autre communauté, il est préférable d'entretenir avec elle de bons rapports sous peine de voir sa tarodièr asséchée à la suite d'un acte de malveillance. Enfin, dans cette région sismique, une simple secousse de la terre peut engendrer

Tarodièr irriguée de la côte ouest de Santo au Vanouatou.

une rupture dans le système hydraulique et assécher partiellement le site de culture. Dans ce cas, le propriétaire du canal, aidé d'un spécialiste local de la science hydraulique évalue les dégâts et organise les travaux pour tout remettre en ordre. Comme on le comprend, ce type d'aménagement dépend étroitement de la structure sociale, fondée sur des groupements familiaux, d'une entraide solide et d'un dialogue continu entre les membres d'une même communauté et entre des communautés voisines. C'est principalement une agriculture de subsistance assurée par des groupes familiaux. Les hommes assurent la construction des terrasses et leur entretien, les femmes la culture proprement dite et la récolte au jour le jour. La production élevée garantit les besoins alimentaires de la communauté et dégage des surplus utilisés dans différentes manifestations sociales dont les plus importantes sont le mariage et les rituels du pouvoir durant lesquels les taros sont échangés ou offerts en grandes quantités puis consommés durant des repas de fêtes qui peuvent durer plusieurs jours.

Actuellement, et depuis le contact européen, on assiste à un déclin progressif de ce type de culture pour lequel les causes habituelles ont été évoquées : diminution de la population,

diminution des terres disponibles, perte des savoirs, maladies, perturbations sociales. L'importance des rendements et la qualité des productions végétales fournies par une tarodièrre irriguée ont cependant été remarquées par les agronomes et les organismes de développement qui cherchent à les protéger et à les réhabiliter, ce qui ne pose aucune difficulté majeure. Toutefois, les possibilités d'intensification restent faibles.

Références

AMHERST et THOMSON, 1901 ; BARRAU, 1958 ; BONNEMAISON, 1991, 1996 ; CLAUS et LEBOT, 1999 ; IVANCIC et LEBOT, 1998 ; KIRCH, 1994 ; KIRCH et LEPOFSKY, 1993 ; LANOUGÈRE-BRUNEAU, 1999 ; LEBOT et ARADHYA, 1991 ; MATTHEWS, 1990 ; SAND, 1995 ; SPRIGGS, 1982 ; SPRIGGS, 1996, 1997 ; WALTER et TZERIKIANTZ, 1999 ; YEN, 1973.

Nomenclature

En langue quechua, le terme *qocha* désigne les lacs, les cuvettes, les étangs et, de façon générale, tout bassin inondé artificiel ou naturel, toute dépression à la surface du sol. C'est également le nom donné à un type d'assiette cérémonielle en céramique. Les *qochas* (ou *cochas* suivant les graphies) sont des cuvettes naturelles ou creusées par les hommes, reliées entre elles pour former un véritable système hydraulique. Le terme désigne à la fois un unique bassin et le système dans son ensemble. Les terrains qui les séparent ne sont pas cultivés mais dédiés à l'élevage. Les *qochas* sont l'un des nombreux systèmes de gestion des eaux et du sol qui ont permis aux anciennes populations andines de cultiver la terre et de survivre.

Localisation géographique

On trouve les *qochas* dans de rares régions des Altiplanos péruvien et bolivien, à une altitude moyenne de 4 000 mètres. Ils sont très nombreux et denses dans le département de Puno (Pérou) où ils ont été découverts et bien documentés (FLORES OCHOA, 1987). La région, située au nord-ouest du lac Titicaca, s'étend entre le Rio Ayaviri et le Rio Azangaro jusqu'à de petites collines au nord. Elle est plate et mal drainée par des cours d'eau qui se déversent dans le Rio Pukara. Les variations saisonnières et interannuelles du climat sont prononcées, soumettant les cultures à des successions de gels, de sécheresses, d'inondations ou d'orages. Malgré tout, la région est densément peuplée. Elle est dévolue à l'élevage des moutons et des lamas ainsi qu'à une agriculture de subsistance. Les *qochas* existeraient aussi dans les districts de Achaya, Saman et Taraco, près du lac Arapa, et, en Bolivie, dans la péninsule de Copacabana. On les a rapprochées des champs à berge irrégulière observés près du lac Titicaca dans la pampa Juliaca qui, à côté des *camellones*, rappellent par leur forme ronde les *qochas*.

Conduite technique

Les *qochas* sont des dépressions, aménagées par les hommes selon trois formes de base. Les plus fréquentes sont rondes et mesurent de 30 mètres à 200 mètres de diamètre pour une superficie moyenne de 6 000 m². Viennent ensuite les formes oblongues et les rectangulaires (150 m x 30 m en moyenne). Quelle que soit

leur forme, le fond du bassin est parfaitement horizontal et la profondeur varie de un à six mètres (le plus généralement 2 m). Le diamètre est traversé par un fossé principal, profond mais étroit, prolongé à l'une (ou deux) de ses extrémités par une entaille franche des bords relevés, puis par une tranchée qui rejoint une autre *qocha*. Celles-ci sont reliées les unes aux autres par séries. Les points d'entrée ou de sortie des



**La région des *qochas*,
entre les rivières Ayaviri et Azangaro.**

canaux principaux sont munis de structures permettant de réguler les mouvements de l'eau. La base des cuvettes est marquée par un canal circulaire, plus large et moins profond que le fossé central. Les plus grandes *qochas* comportent deux canaux concentriques, voire plus. Toute la surface délimitée par ce (ou ces) périmètre(s) est parcourue de sillons reliés au canal circulaire et au fossé central. Leur profondeur est en moyenne de 40 cm, leur longueur de 4 à 8 m et leur espacement de 50 cm. Placés en quinconce, ils sont pourvus à une extrémité d'une bonde permettant de retenir ou d'évacuer l'eau. Les pentes, depuis leur base et jusqu'aux bords, sont équipées de sillons similaires.

Les cuvettes ainsi aménagées dépendent entièrement de l'eau de pluie. Le sol non cultivé séparant les cuvettes joue le rôle d'impluvium. L'eau collectée s'écoule en zigzag en suivant les sillons, des bords de la *qocha* jusqu'au canal circulaire puis de là jusqu'au fossé central. Elle baigne ainsi les pentes, puis le fond de la cuvette. Les excédents sont évacués par la tranchée vers une autre *qocha*. Les quantités d'eau désirées sont obtenues en jouant sur les bondes et les ouvertures de tous ces canaux et sillons. Entre deux pluies, on conserve les sillons en eau pour assurer l'irrigation constante des cultures et pour lutter contre les gelées nocturnes. Lorsque les pluies sont fortes, l'eau est drainée vers les tranchées puis vers quelques *qochas* transformées alors en réservoir. Par ailleurs, les bords inclinés de ces dépressions retiennent la chaleur et protègent les cultures des vents desséchants et de l'évaporation.

La *qocha* sert alternativement de champ de culture, de pâturage et de réservoir d'eau. Les cultures sont établies sur les billons qui séparent les sillons couvrant la base et les bords relevés de la *qocha*. Elles profitent d'un sol enrichi par les alluvions arrachées à la pente et transportées par les ruissellements ainsi que des débris végétaux mêlés à la terre après la récolte. On y cultive avant tout la pomme de terre ainsi que la *cañihua* (*Chenopodium pallidicaule*) et la quinoa (*Chenopodium quinoa*), l'avoine, l'orge et le blé parfois en rotation. La *qocha* supporte des cultures de pomme de terre la première année, de quinoa la deuxième année, d'avoine et d'orge la troisième année puis suit une jachère pâturée de durée variable. La taille d'une *qocha* est généralement exprimée en *masa*, c'est-à-dire en surface labourée en un jour par une équipe constituée de deux hommes et d'une femme. Le rendement est d'environ une tonne par *masa*. Le système permet une régulation souple de l'eau de pluie dans une région qui doit faire face à une succession de fortes sécheresses suivies d'inondations.



© R. Valdivia

Une *qocha* au repos. On note au fond les sillons de la dernière culture de pomme de terre et, à droite, le *yani* ou canal d'alimentation (LLallahua, district de Jose Domingo Choquehuanca, Province de Azangaro, Puno, Pérou).



© R. Valdivia

Une *qocha* utilisée comme abreuvoir (LLallahua, district de Jose Domingo Choquehuanca, Province de Azangaro, Puno, Pérou).

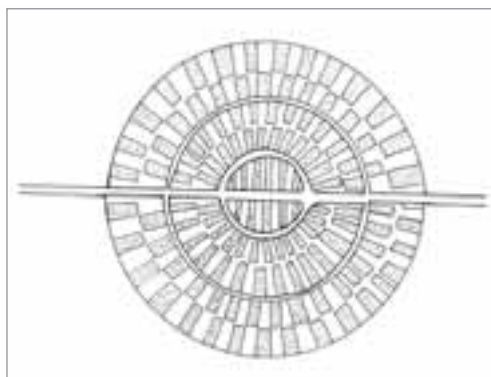


Schéma d'une grande *qocha* cultivée (d'après F. OCHOA, 1987).

Parfois, la *qocha* sert de réservoir, surtout dans les régions où il n'y a pas d'autre source d'eau. Il suffit pour cela de fermer l'entrée du fossé principal. L'eau est utilisée pour l'abreuvement du bétail, pour des usages domestiques (avec des risques sanitaires évidents), ou pour arroser ultérieurement une autre *qocha* à laquelle elle est reliée.

Histoire et société

Le système des *qochas* est sans doute l'agriculture de l'Altiplano, autour du lac Titicaca, la moins étudiée si bien qu'il existe peu de références à son sujet. Cela s'explique en partie par le fait qu'au ^{XVI}^e siècle, elles étaient situées en dehors des voies de passage principales. Plus tard, les lignes de chemin de fer ont traversé ces larges dépressions peu profondes, sans que les voyageurs puissent les remarquer, au premier coup d'œil. Ce n'est qu'en 1962 qu'elles ont été mentionnées pour la première fois, par des étudiants en archéologie qui travaillaient dans le Puno, alors même que beaucoup d'entre elles étaient encore en activité.

Elles sont d'origine préincalque comme en témoignent les tessons découverts à proximité. Bien que le système soit vraisemblablement antérieur, il est associé au site Pukara. Pukara a été un centre de peuplement important durant des centaines d'années depuis 1 300 avant J.-C. puis il est devenu, entre 250 avant J.-C. et 380 après J.-C., un important site religieux, densément peuplé. Une société fortement hiérarchisée y tenait de grandes cérémonies et a été capable d'assurer une gestion centralisée de l'eau. Mais certains auteurs suggèrent que l'aménagement et la maintenance des structures agricoles, dont les *qochas*, ont été tout aussi bien mis en œuvre par des groupements communautaires locaux (ALBARRACIN- JORDAN, 1999). Même en supposant que les paysans aient utilisé des dépressions existantes dans lesquelles l'eau de pluie s'accumulait, il est certain qu'une grande main-d'œuvre et une longue période de temps ont été nécessaires pour aménager ce système complexe sur une grande étendue. Outre les *qochas*, cette civilisation a aussi construit d'importants ensembles de champs surélevés (ERICKSON, 1994). Puis, le site a été progressivement abandonné avec la montée en puissance de Tihuanacu avec laquelle Pukara a entretenu des liens commerciaux et sociaux. Cette civilisation andine qui a étendu son influence jusqu'au nord du Chili, a pratiqué une agriculture fondée sur la construction des terrasses (*andenes*), des champs surélevés (*camellones*) et aussi quelques *qochas*. Mais elles sont peu

développées dans la vallée de Tihuanacu, sans doute parce que leur capacité de production est insuffisante pour une nombreuse population. Après la chute de Tihuanacu, en l'an 1000, le site de Pukara a été de nouveau occupé et les *qochas* utilisées. La région a traversé à cette époque une longue période de sécheresse qui a pu rendre l'utilisation des *qochas* indispensable pour la survie des populations locales. Plus tard, les Huari puis les Incas ont développé des systèmes renommés de terrasses mais les *qochas* ont continué à être cultivées, en complément de l'agriculture de pente. La conquête espagnole a par la suite entraîné une grave dépopulation locale qui a conduit à l'abandon partiel de toutes les structures agricoles mais les *qochas*, toujours utilisées par quelques groupes, ont réussi à traverser les siècles, les guerres et la colonisation. Elles apparaissent donc comme des structures complémentaires à celles qui soutiennent l'agriculture principale et se développent quand les conditions environnementales (naturelles ou sociales) fragilisent l'agriculture et les communautés locales.

Aujourd'hui, des secteurs entiers de *qochas* ont été abandonnés ou détériorés soit pour des raisons de salinité des sols, soit à cause d'une mécanisation imprudente dans les secteurs d'haciendas. Mais elles occupent encore plus de 250 km², avec une densité d'environ 100 *qochas* au kilomètre carré. Au total, plus de 20 000 cuvettes sont actuellement utilisées de façon intensive par les populations andines contemporaines. Elles ne sont pas les seules structures agricoles de la région et les communautés locales cultivent aussi les pentes, aménagées en terrasses (*andenes*) et construisent des *camellones* (ici appelés *waru-waru*). Il en était ainsi autrefois.

Le travail est assuré par les seuls membres de la famille nucléaire, puis, en cas de besoins, par les membres de la famille élargie et les voisins, à titre de réciprocité. La *qocha* est une propriété individuelle qui ne peut pas être vendue à des étrangers. Chaque famille en possède six ou sept, ce qui permet d'assurer un temps de jachère suffisant pour chacune d'elles. Aujourd'hui, plusieurs organismes de développement tentent de réhabiliter ces structures abandonnées et d'améliorer leur fonctionnement.

Références

ALBARRACIN-JORDAN, 1999 ; ERICKSON, 1994 ; FLORES OCHOA, 1987 ; FLORES OCHOA et JORGE, 1979 ; FLORES OCHOA et PAZ FLORES, 1986 ; KENDALL et RODRÍGUEZ, 2002 ; RENGIFO, 1987 ; ROZAS, 1986 ; VALDIVIA *et al.*, 1999.

L'entarquínamiento : submersion traditionnelle en horticulture moderne

Nomenclature

L'entarquínamiento est une technique ancienne fondée sur la submersion contrôlée pendant plusieurs semaines d'une parcelle entourée d'une diguette de terre. Une série d'adaptations historiques a permis qu'elle se marie à la culture moderne de fraises et de pommes de terre. Le mot d'origine arabe inclut l'idée de terre, probablement de limonage ou de colmatage, c'est-à-dire d'une sédimentation forcée dans des casiers de marais soumis à la divagation des rivières. Aujourd'hui, les agriculteurs préfèrent les termes proches d'entarquínamiento ou envasamiento au sens neutre de retenue d'eau (*vaso* : bassin, *tanque* : réservoir) plutôt que le vocabulaire juridique, qui parle d'entarquínamiento, surtout depuis que l'eau de la vallée est totalement contrôlée.

Localisation géographique

La submersion contrôlée de vergers, en particulier d'agrumes, est pratiquée dans quelques régions du monde, en Thaïlande par exemple (voir Les hortillonnages). En France, la submersion continue à être utilisée dans les vignes qui n'utilisent pas les porte-greffe américains résistants au phylloxéra. La vallée de Zamora au Mexique est singulière d'une part pour les cultures pratiquées, d'autre part pour ses équipements qui ont plusieurs fois été sur le point de disparaître avant d'être sauvés par l'ouverture de nouveaux marchés.

Conduite technique

Sur les hauts plateaux mexicains, les quatre mois de pluies contrastent avec la longue saison sèche. Un labour suivi d'un billonnage est pratiqué en début de saison des pluies, puis l'inondation individuelle de chaque parcelle peut avoir lieu à partir d'une dérivation. Bien qu'au Mexique de nombreuses rivières tarissent, le Duero bénéficie d'un débit important qui garantit l'irrigation en saison sèche. On vide le casier avant la fin des pluies en septembre et les jeunes plants de fraise sont repiqués dans la boue des billons légèrement aplatis après un séjour sous l'eau. Il s'agit, en effet, de profiter de la production d'hiver destinée aux États-Unis. La pomme de terre, plus fragile, est plantée dans d'autres parcelles un mois plus tard lorsque les sols sont ressuyés pour

une commercialisation de contre-saison à partir de février.

La submersion est une « jachère en eau » qui vaut, dit-on, un labour. Dans la vallée de Zamora, la submersion vise à contrôler à faible coût les ravageurs comme le ver blanc et les mauvaises herbes. Les deux mois de submersion ne sont pas réellement perdus car les sols très argileux s'avèrent vite impénétrables en saison des pluies, même avec un simple attelage. Des drains enterrés ont été mis en place afin d'accélérer le drainage en fin de saison des pluies, principalement pour la production de pommes de terre. Les seuls équipements où l'État est intervenu sont les portes de régulation sur la rivière.

Histoire et société

Jusqu'à l'arrivée des Espagnols, les zones marécageuses du Bajío servaient essentiellement à la chasse et à la pêche ainsi qu'à la collecte de produits aquatiques tels que les joncs. Les agriculteurs préféraient alors les sols meubles de coteaux qui, après une jachère courte et un brûlis, permettaient la culture du maïs, de la

**Localisation principale
des entarquínamientos
et des systèmes de casiers au Mexique.**





© É. Mollard

courge et du haricot. Les *chinampas* et les *camellones* étaient les deux exceptions notables à l'usage des milieux humides (chapitre 3).

Les Espagnols lâchèrent leur bétail dans ces zones inutilisées en apparence. Durant les premiers siècles de la colonisation, la grande transhumance reposa sur les marécages qui fournissaient un fourrage abondant en saison sèche. Les crues fertilisantes étaient appréciées et les éleveurs vendaient la laine, les cuirs et le suif aux mines d'argent qui firent la richesse du vice-royaume jusqu'au début du XIX^e siècle. À Zamora, les citadins se plaignaient des crues qui entravaient le commerce, détruisaient les cultures et rendaient l'irrigation impossible du fait du colmatage des canaux. Seul le pois chiche pouvait être cultivé en décrue. Au XIX^e siècle, l'accès aux grands parcours du nord du Mexique a fait chuter le cours du bétail, conduisant l'oligarchie terrienne du centre du pays à la reconversion aux céréales. L'assainissement de la vallée put débiter même si la crue, mieux maîtrisée, continuait à féconder le blé irrigué, ameublissant le sol et l'enrichissant de sédiments arrachés aux pentes volcaniques puis piégés dans les casiers.

À la fin du XIX^e siècle, le chemin de fer élargit l'horizon commercial dans tout le pays et les caravanes de mulets, proie du grand banditisme, disparurent. Forte d'une irrigation abondante, la vallée s'orienta vers le maraîchage, mais ce premier élan fut interrompu par la révolution mexicaine en 1910. Les hacien-

Inondation des parcelles pendant la saison des pluies. Les restes de végétation vont pourrir sous l'eau (vallée de Zamora, Mexique).

das, de taille moyenne, n'avaient pas les moyens d'un assainissement total sans le secours de l'État. Le caractère hydraulique originel fut ainsi préservé alors que dans les vallées voisines, les grandes haciendas s'étaient équipées rapidement afin de produire davantage de blé et de canne à sucre. L'assainissement de la vallée fut complété en 1950. La fraise destinée à l'exportation puis la pomme de terre remplacèrent le blé. Sur le point de disparaître, la submersion renaquit, sauvée par la culture de la fraise.

La vallée de Zamora se situe au contact de domaines écologiques et sociaux qui marquaient la frontière entre les civilisations agricoles de Mésio-Amérique et les Chichimèques semi-nomades du Nord. Aujourd'hui, elle est la région de confluence de trois modes de vie : le *ranchero* qui reste l'éleveur pionnier des régions difficiles, l'Indien tarasque confiné dans la *sierra* et la paysannerie métisse issue du partage des haciendas à la réforme agraire dans les années 1930. Cette position de nœud culturel a permis d'alimenter les besoins de l'horticulture en main-d'œuvre. La région est aussi la première zone de migration, essentiellement masculine, aux États-Unis. Les femmes, seules à rester sur place, se partagent



© E. Mollard

Les unités agro-industrielles pour la fraise d'exportation sont disséminées dans la vallée de Zamora.



© E. Mollard

Début de mise en eau d'un casier dans la vallée de Zamora (Mexique).



© É. Mollard

alors les séquences de la chaîne opératoire. Les Indiennes de la montagne tarasque participent aux récoltes tandis que les Métisses, qui ne travaillent jamais au champ, se retrouvent dans les usines de conditionnement agroalimentaire.

De nos jours, la dérivation des eaux de la rivière oppose les tenants d'un système à la fois traditionnel et écologique et ceux qui n'y voient qu'un gaspillage par une poignée de privilégiés aux dépens des usagers à l'aval. Le débat rappelle les échauffourées entre éleveurs et citadins du XVIII^e siècle. Il faut reconnaître que l'inondation participe à l'écrêtage des crues et au piégeage des sédiments alors qu'en saison des pluies, l'eau n'est pas utile à l'aval. Des retenues permettraient d'étendre les périmètres irrigués, mais celles en fonctionnement se comblent rapidement. La sédimentation est accrue par la déforestation des montagnes alentour au profit des compagnies forestières. Les lacs célèbres comme Patzcuaro et Chapala se comblent. Ce dernier, encore le plus grand du pays, alimente en eau potable

Le territoire est parfaitement aménagé pour le contrôle de l'irrigation et du drainage (hauts plateaux tempérés du Mexique).

Guadalajara, la deuxième ville du pays mais le retrait du lac rend l'irrigation impossible sur les anciennes rives. L'eau symbolise l'avenir économique et culturel de la région et dans un certain sens, l'*entarquinamiento* contribue à ralentir la mort annoncée du plus grand lac du Mexique. Au-delà, l'eau est un enjeu régional qui englobe toutes les activités : sa gestion est d'abord un geste politique.

Références

CHAIREZ et PALERM, 2004 ; MOLLARD, 1994 ; PERDOMO et PALERM, 2002 ; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, 2001 b ; WILKEN, 1987.

http://www.geocities.com/jacinta_palerm/cajas_de_agua/

Les systèmes de casiers au Mexique

Nomenclature

Un système de casiers forme un réseau de parcelles endiguées rarement jointes, connectées entre elles de manière hiérarchisée. Chaque casier est endigué et doté de vannes pour emmagasiner l'eau en saison des pluies. Selon l'importance des pluies, une année donnée, l'agriculteur remplit un ou tous les casiers, ce qui commande non seulement la surface irriguée mais aussi les cultures pratiquées.

Au Mexique, les grands propriétaires qui pouvaient construire un tel système utilisaient les termes de *bordo* et de *caja* qui signifient respectivement digue et casier. Cette terminologie formelle et non fonctionnelle est neutre car elle ne présume pas d'une fonction ou d'une autre. En revanche, elle est peu précise car les mêmes digues de parcelle et les mêmes casiers peuvent jouer un rôle très différent selon qu'ils sont près d'une rivière, d'un lac, d'un marécage ou simplement en pleine terre comme c'est le cas de ces systèmes. Dans ce cas, il s'agit essentiellement d'irrigation selon des modes spécifiques comme nous allons le voir.

Localisation géographique

Ces grands systèmes de casiers couvrant plusieurs centaines d'hectares, sans compter les terres irriguées avec l'eau emmagasinée dans les casiers, sont spécifiques de vastes propriétés de la région centrale du Mexique avant la grande réforme agraire lancée dans les années 1930. Il est possible que certaines haciendas en aient eu dans le nord aride du pays. En revanche, nous n'avons pas trouvé de témoignages de ces casiers dans d'autres pays latino-américains bien que les conditions sociales et écologiques y soient réunies pour créer ce type d'infrastructure.

Plus particulièrement, ce sont les haciendas de l'Altiplano situées entre 1 600 et 1 800 mètres d'altitude, qui ont étendu ces systèmes d'irrigation depuis la conquête jusqu'à la réforme agraire. Le climat de cette zone bien arrosée (700 mm par an) est tempéré. Cette technique a été abondamment documentée dans le Bajío (États du Michoacán et du Guanajuato) entre les villes de Mexico et de Guadalajara. L'eau emmagasinée dans les casiers en saison des pluies était utilisée en saison sèche (de climat également tempéré mais plus frais car c'est l'hiver) pour produire une récolte de blé, le maïs étant la culture, à l'époque, de la saison des pluies. Les deux cultures (maïs, blé) produites chaque année pouvaient d'ailleurs être pratiquées au-dessus de 2 200 mètres d'altitude et il est possible que la région de Puebla au Mexique ait eu aussi ses systèmes de casiers.

Conduite technique

Produire deux cultures par an à une époque qui ne connaissait pas les herbicides ni les pesticides de synthèse n'a pu être possible que sous certaines conditions. D'abord, les haciendas disposant de toutes les terres de la région mais de relativement peu de force de travail, de plus asservie, ne produisaient pas le maïs et le blé sur les mêmes terres. Le maïs était soumis à une rotation bisannuelle avec une année de repos ou de jachère. Pour le blé irrigué, la conduite technique est imparfaitement connue, mais les terres inondées par les casiers ont pu être ensemencées chaque année du fait d'un « labour en eau » ou « jachère en eau » qu'a constitué l'inondation pendant plusieurs mois.

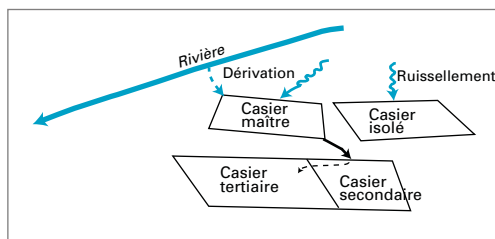
Les digues de terre, d'une hauteur de 50 cm à 2 m de haut selon l'inclinaison des terres, clôturaient des surfaces pouvant aller jusqu'à 100 ha. Le système est typiquement composé d'un casier maître qui est rempli chaque année par les ruissellements provenant des collines voisines ou bien par l'eau captée sur une rivière, dont l'écoulement est souvent saisonnier dans la région. En année pluvieuse, les casiers secondaires sont remplis à leur tour. Ces casiers fonctionnent comme des réservoirs à partir desquels les terres de culture sont irriguées. En fin de saison des pluies, l'eau irrigue des dizaines d'hectares de blé et de canne à sucre. Les premiers casiers vidés sont ensemencés en blé (ce qui suppose une irrigation depuis d'autres casiers) ou en pois chiche qui se contente de la seule humidité du casier

vidangé. En année sèche, seules les terres bordant le casier maître sont ensemencées en pois chiche en une seule irrigation et le casier lui-même, vidangé, est cultivé également avec du pois chiche.

Histoire et société

Le pois chiche a servi principalement de fourrage de qualité pour le bétail des haciendas. Il s'ajoute au pois chiche de décrue qui est abondant en bordure des marécages et des lacs superficiels. Au niveau régional, le système de casiers génère sa propre dynamique économique qui, en retour, renforce l'intérêt vis-à-vis de cette technologie. En effet, les années sèches fournissent de grandes quantités de pois chiche et très peu de blé, conduisant à une augmentation des prix. Tout le monde cherche donc à produire du blé. En revanche, les années humides produisent du blé en excès et les prix chutent. Les haciendas les moins bien préparées sont fortement pénalisées et celles qui peuvent garantir chaque année un volume suffisant d'eau dérivée d'une rivière vers un casier peuvent profiter des conjonctures favorables. L'économie régionale est donc instable et profite aux plus gros propriétaires. Progressivement ces derniers rachètent les terres des plus petits. Toutefois, les haciendas de cette région, couvrant ailleurs plusieurs centaines voire milliers d'hectares, ont toujours été plus petites que dans les autres régions du pays, probablement du fait que le rachat des propriétés est également le fait d'entrepreneurs enrichis dans le commerce ou dans les mines.

Dans les années 1930, le gouvernement issu de la révolution mexicaine distribue les terres agricoles à des centaines de milliers d'anciens



Le système de casiers dans la vallée d'Ecuandurco au Mexique.

ouvriers agricoles, les péons. Cette distribution met un terme à la technologie des casiers et, par conséquent, à l'irrigation. Quelques casiers isolés ont pu être maintenus dans les villages avant d'être appropriés par quelques familles. Aujourd'hui, les systèmes de casiers ont disparu et seuls quelques-uns se sont maintenus sur une base collective. L'abandon de cette forme d'irrigation a conduit le gouvernement révolutionnaire à développer la grande irrigation à partir de vastes retenues comme cela a lieu dans de nombreux pays. L'irrigation se développe bien au-delà de celle des haciendas pour des milliers de petits paysans. Toutefois, il faut attendre 1992 pour que le gouvernement promeuve des associations d'usagers et que l'administration centrale délègue la gestion de l'eau aux usagers eux-mêmes.

Références

LÓPEZ PACHECO, 2002 ; MOLLARD, 1994 ; PALERM VIQUEIRA, 2002 ; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, 2001 ; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, 2002 ; VELÁSQUEZ *et al.*, 2002.

Le *lameo* en Bolivie

Nomenclature

Le *lameo* est une technique de capture et d'épandage des sédiments pratiquée en Bolivie, dans la région de Capinota (département de Cochabamba). Le terme espagnol de *lameo* provient en effet de *lama*, boue. Sur l'Altiplano, les populations *chipaya* (département d'Oruro) pratiquent une technique similaire qu'ils désignent par le nom quechua *mayqa*, ce qui signifie à la fois « alluvion », et « terrain sédimenté, recouvert de boue, apte à la culture et fertile ». Dans cette région cette technique d'inondation joue aussi un rôle important de lessivage du sel qui « remonte » à la fin de la saison agricole et pendant la saison sèche hivernale.

Si le terme espagnol a perduré à Capinota, région quechuaphone, c'est peut-être parce que les haciendas, tenues à l'origine par des Espagnols, se sont installées sur les berges des cours d'eau, là où se pratique la technique du *lameo*.

Des méthodes similaires existent ou ont existé ailleurs, et le *lameo* est notamment à rapprocher des cultures de décrue, avec bassins de décantation, pratiquées dans la vallée du Nil depuis le 4^e millénaire av. J.-C. jusqu'à la mise en place du barrage d'Assouan (MAZOYER et ROUDART, 1997), de même en Tunisie dans les régions semi-arides du Sud. Au Mexique, on désigne cette technique par les noms de *bordo*, *caja* ou *metepantli*, les deux premiers termes *bordo* (diguette ou barrage) et *caja* (casier) étant espagnols, le dernier nahuatl.

Localisation géographique

La technique du *lameo* se pratique essentiellement dans la région de Capinota, sur les parcelles de culture situées en bordure des cours d'eau. La région se caractérise en effet par des cours d'eau aux lits très larges, charriant en saison des pluies des limons et des sédiments en abondance, arrachés en amont par une érosion hydrique forte. La zone d'extension de la pratique du *lameo* correspond ainsi aux lits des *ríos* Arque, entre les localités d'Arque et de Capinota, et Tapacarí, entre Parotani et Capinota.

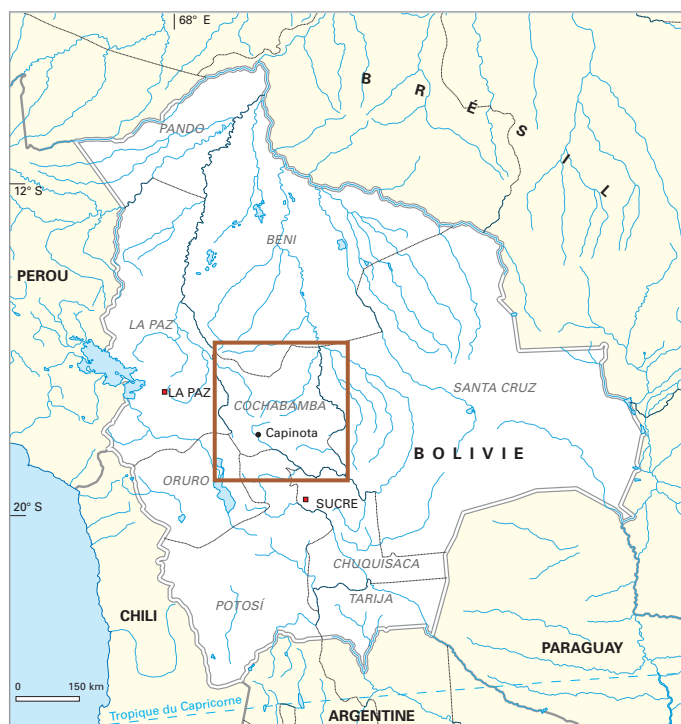
Le climat de la région est caractérisé par une saison sèche hivernale très marquée, entre avril et novembre, au cours de laquelle les températures nocturnes chutent. Les cours d'eau coulent entre 2 700 m (village de Arque) et 2 300 m (village de Capinota) environ, donc à une altitude suffisamment basse pour que les gelées nocturnes soient exceptionnelles, ce qui permet la mise en culture toute l'année. La saison des pluies concentre l'essentiel des précipitations, soit environ 500 mm, une irrigation est donc indispensable pendant l'hiver.

Conduite technique

Le *lameo*, dans la région de Capinota, est une technique de fertilisation et de contrôle de

l'humidité des sols qui se combine avec un système d'irrigation traditionnel utilisant la même source d'eau (celle de la rivière) et la même infrastructure. Celle-ci est constituée de canaux à ciel ouvert (le plus souvent de terre, mais certaines ONG ont récemment financé le revêtement en ciment des canaux principaux). À partir d'une prise d'eau, la *boca toma*, partant de la rivière, un canal principal se divise en canaux secondaires qui desservent des groupes de parcelles. La conduite de l'eau (d'irrigation ou du *lameo*) depuis les canaux secondaires jusqu'aux différentes parcelles est assurée par des petites levées de terre qui peuvent avoir un caractère provisoire. En période de *lameo*, les paysans peuvent rehausser les diguettes entourant chaque parcelle, de 30 cm de hauteur en moyenne, en fonction de la quantité de sédiments qu'ils souhaitent apporter. Chaque champ est ensuite coupé de sillons (80 cm de largeur sur 35 cm de profondeur) de façon à fragmenter uniformément les eaux limoneuses.

À partir du mois de décembre, lorsque le débit des eaux limoneuses augmente, les paysans ouvrent les barrages préalablement construits et laissent l'eau envahir les champs, sur une hauteur de 12 à 15 cm. Si le débit est trop élevé, des barrages temporaires faits de broussailles sont déposés dans les canaux de façon à ralentir le flux.



La technique du *lameo* se pratique essentiellement dans les vallées du département de Cochabamba.

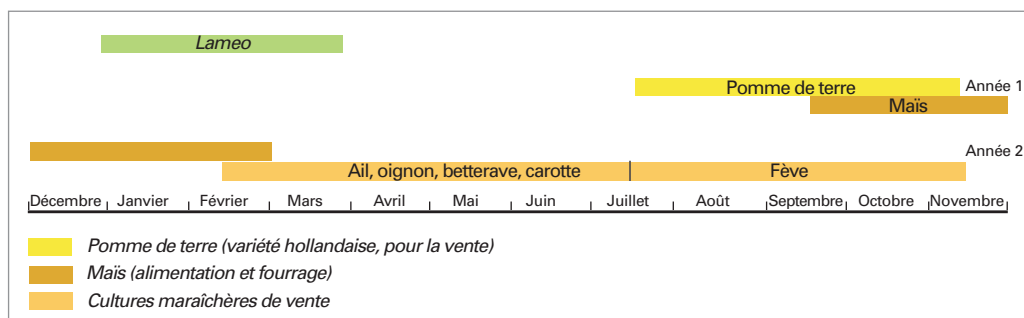
L'eau de la rivière ainsi déposée sédimente en quelques jours, et l'opération est renouvelée au bout d'environ trois semaines, lorsque l'eau excédentaire a été drainée. Pour cela, les petits barrages donnant sur les parcelles sont fermés, et l'eau s'écoule vers la rivière par gravité. L'opération complète du *lameo* est donc constituée du passage de trois lames d'eau sur la parcelle, de moins en moins chargées en limons à mesure qu'on avance dans la saison des pluies. Ce qui permet au final de déposer des sédiments sur une épaisseur d'environ dix centimètres, entre les mois de décembre et mars. Le barrage principal est ensuite clos, et les champs labourés de manière à incorporer au sol les sédiments. Aujourd'hui, les paysans incorporent également au sol du fumier de volaille (*gallinaza*), provenant des élevages de poulets en batterie de la ceinture périur-

baine de Cochabamba, lors des labours de fin mars et début avril.

Le *lameo* est réalisé environ une année sur trois, et les parcelles de petite taille, n'excédant pas 600 m², sont ensuite cultivées en pommes de terre (essentiellement la variété hybride *Desiree*) et en cultures maraîchères (ail, oignon, carotte...), toutes destinées à la vente.

La technique du *lameo* permet de faire face au manque d'eau pendant la saison sèche. Les limons charriés par la rivière et déposés dans les parcelles augmentent la capacité de rétention d'eau des sols, et une irrigation de complément est distribuée d'avril à novembre. Par ailleurs, les alluvions déposées participent à la

Calendrier des cultures.





© M. Jobbé-Duval

restauration de la fertilité des sols, bien qu'un complément de fertilité azotée soit apporté aujourd'hui sous forme de fumier de volaille, autrefois par le pâturage du bétail. L'asphyxie des sols pendant la période d'inondation pourrait palier les risques phytosanitaires, en diminuant l'influence des adventices, mais également en neutralisant insectes, larves, œufs, et surtout les nématodes, parasites importants de la pomme de terre. Le *lameo* permettrait ainsi d'éliminer les années de jachère pratiquées dans les soles voisines.

En début de saison des pluies, les eaux sont fortement chargées en sédiments, mais également en sels (notamment des carbonates de calcium) provenant des nombreux gisements situés dans les montagnes alentours. Ce phénomène est accentué par une évaporation forte en saison sèche. Le *lameo* pratiqué en fin de saison des pluies contient moins de limons, mais également moins de sels (les pluies, moins fortes, sont aussi moins érosives). Les paysans doivent donc gérer en permanence cet équilibre entre fertilité et salinité. Il s'agit d'un équilibre d'autant plus subtil que la diminution du bétail, liée à une déprise agricole dans la région (notamment du fait d'une forte migration), a rendu les paysans dépendants d'un approvisionnement extérieur en fertilisant, sous forme d'engrais chimiques et de *gallinaza* ; la salinisation des terres

Parcelle préparée par *lameo* et protégée par un mur de contention, río Arque.

atteint par ailleurs des degrés si critiques que les paysans se voient obligés de retirer des croûtes de sels affleurant à la surface. Le fumier de volailles permet ainsi de réduire la salinité des sols.

Enfin, le dépôt d'alluvions, en surélevant les sols, constituerait également une forme de lutte contre la forte érosion qui caractérise ces sols. De plus en plus, c'est par la construction de murs de contention en béton, souvent financée par des ONG, que les paysans cherchent à lutter contre l'érosion des berges.

Histoire et société

L'irrigation est très ancienne dans les vallées de Cochabamba, et des systèmes performants datés de 1500 av. J.C. ont été identifiés (ZIMMERER, 1995). Le peuplement ancien des vallées d'Arque et de Tapacari, par des sociétés agricoles, laisse supposer une origine ancienne du *lameo*, technique probablement reprise par les haciendas qui occupèrent les terres agricoles situées dans les fonds de ces vallées.

L'entretien des barrages et des canaux principaux est réalisé collectivement par les groupes familiaux qui les utilisent (c'est d'ailleurs ce travail d'entretien qui pérennise les droits d'accès aux ouvrages collectifs) ; celui des diguettes entourant chaque parcelle est à la charge des individus. Cette technique nécessite une bonne coopération entre les communautés utilisant le même canal principal, afin d'assurer un entretien régulier et partagé des structures communes et, en saison des pluies, de garantir une répartition de l'eau équitable entre tous, surtout lorsque la crue est faible.

Aujourd'hui, la persistance du *lameo*, bien que coûteux en main-d'œuvre (notamment pour les travaux d'entretien) s'explique par l'impossibilité de mécaniser le travail sur des parcelles aussi petites, et par les fortes valeurs ajoutées des cultures pratiquées (maraîchage, pomme de terre). Les paysans pratiquant le *lameo* sont des Indiens de langue et de culture quechua, descendant des travailleurs des haciendas installées jusqu'en 1953 sur les berges des rivières Arque et Tapacari. Au cours des quinze dernières années, des projets de déve-

loppement menés par des ONG ont permis d'aménager de nouvelles parcelles de culture. Les paysans des hautes terres ayant les moyens de participer financièrement à ce processus de « récupération de terres » ont peu à peu migré pour s'installer dans des communautés nouvellement formées en bordure des rivières. Malgré la petite taille des exploitations (généralement moins de cinq hectares), la valeur ajoutée des cultures maraîchères pratiquées sur les parcelles conduites avec la technique du *lameo* assure aux paysans un revenu et des conditions socio-économiques plus enviables que ceux qui caractérisent les hautes terres de la région de Capinota. Cependant, les paysans, autrefois bien intégrés à l'économie régionale grâce à la ligne de chemin de fer Cochabamba-La Paz, se trouvent aujourd'hui isolés des axes de communication et de commercialisation depuis sa suppression dans les années 1990.

Références

BOER et CASTELLÓN, 1996 ; MAZOYER et ROUDART, 1997 ; REVEL et DOUSPIS, 2006 ; ZIMMERER, 1995.

Nomenclature

Les paysans de la vallée Tehuacán (Mexique) nomment *el oro de Chilac* (l'or de Chilac) les sédiments charriés par les torrents en crue et déposés sur leurs champs au moyen d'un ensemble d'aménagements. Dans cette forme d'irrigation, l'eau est utilisée comme moyen de transport des éléments fertilisants.

Localisation géographique

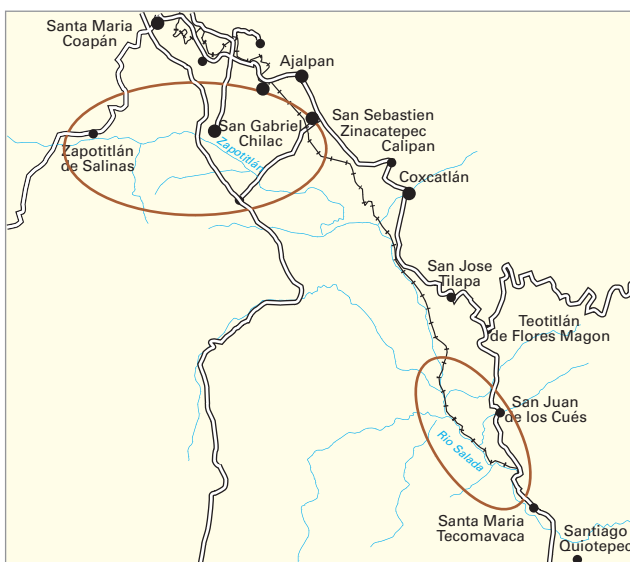
Les casiers de limonage sont présents en d'autres endroits du Mexique, ainsi qu'en Bolivie. Le cas présenté ici est celui de San Gabriel Chilac et San José Miahuatlán, décrit par G. Wilken¹. Les sédiments captés et utilisés par les paysans de ces deux localités proviennent de la région de Zapotitlán de Salinas (*Zapotitlán* : terre des *zapotes* ; *salinas* : œuvre du sel) située plus à l'ouest. C'est une région totalement érodée par les pluies diluviennes d'orages saisonniers qui surviennent de façon imprévisible et remplissent en quelques heures le lit à sec des ravines puis celui d'un torrent temporaire : le *barranca Zapotitlán*. L'érosion accentuée des versants escarpés laisse un sol dénudé où seuls se maintiennent des cactus candélabres que délaissent les troupeaux de chèvres. Des extractions minières d'onix et l'accumulation par endroits de sels déposés par les eaux de cours d'eau printaniers (dépôts

de sel qui donnent son nom à la localité) augmentent encore l'aspect désolé de ces lieux. Comme les orages sont localisés, le bassin de drainage du Zapotitlán reçoit l'eau de différentes zones charriant des sédiments de qualité différente. Seuls ceux qui sont issus de la région de Zapotitlán de Salinas sont utiles pour l'agriculture.

Conduite technique

Le torrent Zapotitlán est alimenté par les pluies d'une dizaine d'orages saisonniers, survenant entre mai et septembre. Son lit est barré en plusieurs endroits par de longs barrages de ciment dont la hauteur n'excède pas deux mètres au-dessus du niveau de l'eau. Des brèches de 3 à 4 m de large (*puertos*) sont effectuées dans les berges, de façon à libérer les eaux limoneuses qui sont alors concentrées dans un canal principal (*zanjas*) creusé sur plusieurs kilomètres. Le canal principal

Zapotitlán de Salinas et le río Salada dans la vallée de Tehuacán.



¹ Cet exemple a été rédigé à partir d'un unique article de G. WILKEN (1987) que nous résumons.

alimente des canaux secondaires qui à leur tour acheminent l'eau vers les parcelles cultivées au moyen d'une série de petits canaux. Les parcelles de culture (*pantles*) sont des casiers rectangulaires bordés de larges bourrelets (3 à 4 m de large à la base et 1 m environ de hauteur). Les dimensions de chaque parcelle sont adaptées à la topographie des lieux et varient d'un agriculteur à l'autre. En moyenne chacune d'elle mesure 0,25 ha. Lorsque les parcelles sont situées sur des pentes un peu raides, elles sont soutenues par de hauts murs pouvant atteindre une hauteur de quatre mètres. L'eau pénètre dans la parcelle par une petite brèche située au ras du sol et s'évacue par un déversoir construit à 30 cm au-dessus du sol.

En temps ordinaire, la prise d'eau sur le torrent est fermée par un barrage temporaire fait de branchages et de terres. Au niveau des parcelles, les portes d'entrée et de sortie de l'eau sont également fermées par un assemblage de boue, de bois et de broussailles. Au moment des crues, les paysans concernés décident collectivement d'ouvrir ou non la porte de berge sur le torrent Zapotitlán. Ils laissent généralement passer les premières eaux, dont la teneur en sel est élevée après avoir lessivé les concrétions de sel de Zapotitlán de Salinas. Puis, ils observent les eaux et évaluent la qualité de leurs limons, laissant également passer les eaux chargées de sable. Dès que les eaux limoneuses sont jugées satisfaisantes, la prise d'eau est ouverte et le flux est dévié dans le canal principal. Tous les ans, quatre à cinq inondations sont ainsi pratiquées. Chaque paysan choisit alors d'inonder ou non ses propres parcelles. Il lève les barrages fermant les brèches d'entrée et de sortie dans les casiers. La lame d'eau de 30 cm environ est ralentie et piégée dans les casiers où elle dépose les sédiments qu'elle charrie. Dès que la couche a atteint une épaisseur moyenne de 10 cm, le paysan referme les arrivées d'eau puis les sorties. L'eau résiduelle s'infiltre dans le sol et dénude des amas irréguliers de boues fertiles qu'il faut alors niveler. Chaque année les paysans laissent ainsi se déposer de 5 cm à 40 cm de sédiments humides, selon leurs besoins. On cultive, parfois de façon continue, le maïs et l'ail.

Le plancher des parcelles s'élève progressivement en raison de l'accumulation répétée des boues si bien que chacun doit curer la parcelle et entasser la terre sur les bourrelets, avant de procéder à un nouveau limonage. L'érosion provoquée par la turbulence des flux est sévère sur toute la longueur du système. Les

berges du torrent sont maintenues par des murs de ciment mais ailleurs il n'existe aucun mur de soutènement. Des fissures sont donc fréquentes aux points faibles et les terriers des animaux fragilisent les bourrelets si bien que la maintenance du système nécessite une vigilance constante.

Histoire et société

L'origine de ce type d'agriculture n'a pas été déterminée, mais elle est ancienne et se situe avant la conquête espagnole. Le bon fonctionnement de ces systèmes repose sur une organisation sociale particulière, caractérisée par une forte entraide et le partage de savoir-faire précis. Les aménagements sont souvent progressifs et se font petit à petit, de préférence en morte-saison, de même que tous les travaux d'entretien. Chacun est responsable de ses champs mais la détérioration locale des digues peut nuire au fonctionnement de tout le système et donc aux intérêts de la communauté. L'entretien régulier de chaque barrage sur le lit du torrent, des portes et des canaux principaux est donc sous la responsabilité des groupements communautaires qui ont procédé à leur aménagement. Ce sont également eux qui décident de l'ouverture des barrages et de la distribution de l'eau limoneuse. En général, les quantités d'eau limoneuse captées et dirigées sont suffisantes pour alimenter les champs les plus éloignés du torrent si bien qu'il y a peu de conflits. Quand ils surviennent, sachant que les plus importants sont le règlement des tours d'irrigation, surtout en cas de pénurie, et le renouvellement des infrastructures, l'organisation communautaire est en mesure de les résoudre. L'ouverture des vannes est aussi imprévisible que la survenue des orages et peut même avoir lieu de nuit. Là encore, les membres de la communauté doivent s'organiser pour surveiller les torrents et prévenir de l'arrivée de la crue puis se mobiliser rapidement pour ouvrir toutes les vannes et maîtriser l'inondation. Les savoir-faire résident dans le choix des eaux, dans l'évaluation des besoins du sol et des plantes, dans la fréquence des inondations à exécuter au niveau des parcelles et dans les quantités de limons à retenir. Les inondations doivent être suffisantes pour assurer une bonne fertilité du sol mais non excessives pour ne pas surélever inutilement le plancher des casiers et ne pas léser sans raison les parcelles situées en aval.

Dans ce type d'agriculture, plus que dans d'autres, le lien entre la structure sociale et la technique agricole est très étroit. Une

défaillance ou une transformation de l'une influe directement et rapidement sur l'autre. Elle ne peut donc être le fait que de communautés très soudées partageant des valeurs et des intérêts communs. La société mexicaine, fondée sur des relations de parenté élargie et sur des groupements communautaires, est à

même de la mener avec succès, mais la technique est difficilement transférable à d'autres types de société.

Références

WILKEN, 1987.

La fertilité des sols

Billons d'ignames sur la côte Est de Nouvelle-Calédonie.



© IRD/A. Beaudou

Les champs buttés et les billons font partie du groupe des champs surélevés (*raised field* en anglais). Selon leur taille et leur forme, on distingue les buttes simples et les plates-formes. Les premières sont des amas de terre coniques, de taille variable, destinés le plus souvent à la culture de plantes particulières comme les ignames. Les secondes sont des planches de terre surélevées par rapport au niveau du sol, de dimensions et de profils variés : bourrelets en courbes de niveau (*countour-mounding*), plates-formes à deux niveaux ou encore plates-formes simples surmontées de billons. La diversité de taille et de forme est immense, en relation avec les conditions topographiques, avec les besoins des plantes et avec les habitudes culturelles. La Papouasie Nouvelle-Guinée détient le record des variations de formes. On y observe en particulier les plates-formes à double niveau sur l'île Frédéric-Henri et les plates-formes billonnées dans les montagnes du centre. Chez les

Raiapu-Enga (Papouasie Nouvelle-Guinée), la morphologie du billon dépend de la déclivité. À faible pente, les producteurs plantent les patates douces sur de larges billons (3,8 m de diamètre et 0,6 m de hauteur) tandis qu'à forte pente, ils les cultivent sur de simples buttes (0,45 m de diamètre et 0,25 m de hauteur) (WADDELL, 1972). On cultive sur les champs surélevés une grande variété de plantes tels le maïs, les céréales et les légumes. La géographie des buttes se superpose plus ou moins à celle des tubercules auxquels la technique est particulièrement adaptée : Afrique de l'Ouest, Afrique de l'Est, Sud-Est asiatique et Océanie. La patate douce, les ignames et le manioc y sont généralement cultivés.

Les champs surélevés peuvent avoir des fonctions diverses suivant le milieu dans lequel ils sont érigés. Dans les zones basses et engorgées d'eau où ils sont séparés par des canaux drainants, nous avons vu qu'ils exondent les racines des plantes. Dans les zones saines, ils

favorisent aussi le drainage, comme à Koumac (Nouvelle-Calédonie) ou en Tanzanie où les rangs butés sont orientés dans le sens de la pente, de façon à détourner les écoulements. Mais la pulvérisation et l'aération du sol, qui résultent de la confection de la butte, se comportent comme un labour minutieux nécessaire en particulier à l'obtention de tubercules réguliers, commercialisables ou appréciés dans les échanges rituels. Les billons enrichissent presque toujours un sol peu épais ou une terre trop pauvre, en concentrant la terre fertile et en y incorporant des débris végétaux ou des fumures animales : herbe, fumier, résidus de culture, cendre, débris de charbon, fertilisants naturels tels que le poisson séché, la poudre de crevette ou le pain de soja. En altitude, le billon réduit les risques de gel en évacuant le froid vers le fond des sillons dont les racines sont éloignées ; la décomposition des matières organiques incorporées à la butte maintient la température et permet de gagner un ou deux degrés supplémentaires. Dans les zones plus sèches, le buttage retient l'humidité du sol, ce qu'accroît le dépôt de végétaux placés sur le sommet du billon (DENEVAN et TURNER, 1974) et assure une fonction d'irrigation, par l'intermédiaire des canaux qui les séparent. Partout, ils facilitent la récolte. Tous ces avantages justifient l'énorme travail nécessaire à leur aménagement. La variété des fonctions rend ainsi bien délicate l'interprétation des vestiges archéologiques de ces structures.

Trois exemples de cultures sur plate-forme ou billon, hors zone humide, sont abordés ici, parmi de nombreux autres possibles. Le premier concerne les billons que les Yali de Papouasie-Occidentale aménagent depuis peu pour cultiver la patate douce et l'arachide, sans transformation notable de leur système agraire antérieur. Le deuxième présente la méthode mise au point par les paysans de Zambie qui alternent la culture des céréales sur sol plat avec celle de légumineuses sur sol billonné. Cette technique leur permet de poursuivre durant près de 6 ans des cultures continues sur des sols pauvres et mal drainés et de trouver une alternative à une culture traditionnelle sur défriche brûlis devenue de moins en moins productive. Le troisième traite de la culture *ngolo* menée sur des bourrelets encadrant un trou de culture. Née de la pression démographique exercée sur une terre pauvre par des groupes de réfugiés, elle a permis à ces populations de survivre durant plus de 100 ans, mais tend aujourd'hui à disparaître.

Pratique laborieuse mais effectivement très productive, les champs surélevés peuvent être assimilés à une forme d'intensification de l'agriculture en relation à une forte pression démographique. Les Bamileké du Cameroun cultivent toute l'année de gros billons, associés à l'agroforesterie, pour atteindre un équilibre du milieu malgré des densités de population de 150 à 300 habitants au kilomètre carré (ROOSE, 1994). Toutefois, la culture sur billon ou plate-forme n'augmente pas toujours la productivité des cultures comme certains auteurs (KALU *et al.*, 1987) l'ont montré au Nigeria. Ainsi, le maïs cultivé sur billon donne de bons résultats dans les régions basses mais pas dans les régions hautes, sans doute en raison d'une humidité insuffisante. De plus, la pression démographique n'est pas le seul facteur en cause dans l'adoption de ce mode de culture. Certaines conditions écologiques, comme l'altitude, peuvent à elles seules nécessiter une agriculture intensive. Le désir d'obtenir des tubercules de grande dimension, valorisés dans les échanges rituels et les fêtes de prestige poussent également les horticulteurs à adopter des pratiques de billonnage sophistiquées, comme nous le reverrons dans le chapitre suivant (**Les buttes à ignames au Vanouatou**). Au Nigeria, des billons de grande dimension ont visé autrefois à produire de gros tubercules d'ignames pour les rituels. L'augmentation de la population et une pression accrue sur les terres arables conduisent aujourd'hui les paysans à aménager des buttes de dimensions réduites plus productives par unité de surface (HAHN *et al.*, 1987). L'acculturation et l'augmentation démographique se conjuguent dans ce cas pour transformer les pratiques agraires.

Ce chapitre se clôt sur deux exemples de méthodes singulières utilisées pour gérer la fertilité du sol. Le premier concerne les terres noires de l'Amazonie. Il s'agit de sols anthropogéniques qui caractérisent les anciens sites de peuplement en Amazonie mais témoignent aussi d'une gestion volontaire du sol, enrichi de nutriments pour les rendre moins acides et propices à la culture. Dans le nord de l'Europe et plus particulièrement aux îles Shetland, les paysans ont utilisé leurs troupeaux pour enrichir le sol sableux et infertile. Le fumier libéré par le bétail est incorporé aux herbes et au sable pour constituer un sol de culture. C'est ce que l'on appelle les *plaggen soils* qui existent aujourd'hui à l'état de relique. Il existe bien d'autres méthodes de cultures destinées à gérer la fertilité des sols et celles que nous présentons ici n'en sont qu'un simple aperçu.

Technique et usages du billon chez les Yali de Papouasie-Occidentale

Nomenclature

Deux termes se réfèrent au billon dans le vocabulaire yali : *wen* et *esap*. *Wen* définit le billon proprement dit, butte de forme allongée dans le sens de la pente, délimitée par des sillons ou des tranchées, peu profondes chez les Yali, davantage chez leurs voisins Dani, ou arrondies chez les Nduga. Le terme *esap* désigne les herbes sèches que l'on rajoute à la terre labourée pour fertiliser le billon. Les jardins faits à partir de billons sont appelés *esap yabuk* ou *wen yabuk* par les Yali (BOISSIÈRE, 1999, 2003).

Localisation géographique

Les Yali, les Dani et les Nduga sont des cultivateurs de patates douces et des éleveurs de porcs, peuplant les hautes terres de Nouvelle-Guinée en Papouasie-Occidentale. Les Yali habitent un vaste territoire de 5 000 km² et le village de Holuwon se situe à ses marges occidentales, à 1 000 mètres d'altitude environ, au point de rencontre des rivières Heluk et Baliem. Cette dernière draine l'une des vallées les plus habitées de la région. Dans la vallée de la rivière Heluk, les reliefs de très forte pente impliquent une spécialisation des pratiques horticoles en fonction de la topographie.

Conduite technique

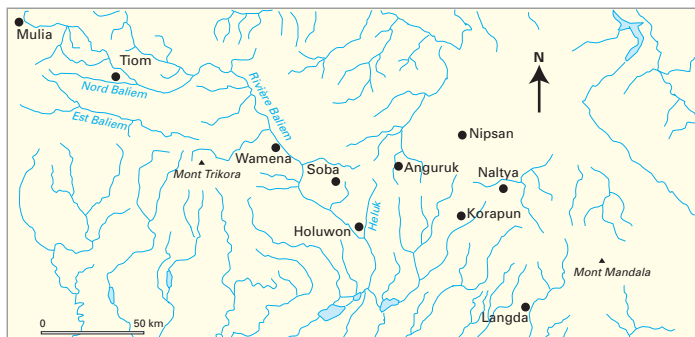
Le billonnage représente l'une des cinq techniques de traitement du sol utilisées par les Yali. Lorsqu'un nouveau jardin est ouvert, on commence par construire les barrières délimitant l'espace à cultiver, puis l'herbe est coupée, les arbres abattus et, après quelques semaines d'abandon, les troncs, les branches et les broussailles sont empilés en gros tas, ou *elahan*, et brûlés.

Pour la culture sur billon, les Yali ne brûlent pas toutes les herbes coupées lors de l'ouverture du jardin. Certaines sont laissées sur place, séchées au soleil pour ensuite être utilisées comme fertilisant végétal, ou *esap*, dans le billon. Certaines herbes, appelées *saro angge* (matériau mort) sont considérées comme toxi-

ques pour les tubercules. Elles sont triées et jetées dans une rivière, ou brûlées. Souvent, pour aller plus vite et si le jardin est de petite taille, elles sont laissées à pourrir sur des pierres. Les herbes fertilisantes sont rassemblées au milieu du billon, et la terre est retournée de chaque côté de la butte avec un bâton à fouir, ou *keam*. Les mottes de terre, brisées à la main, sont ensuite posées sur la couche d'herbes. Si un ruisseau coule à proximité, il est drainé pour protéger les flancs du billon. La taille d'un billon est très variable : alors que sa largeur oscille de un à deux mètres environ, sa longueur peut en atteindre plus d'une dizaine sur 50 cm de haut pour les plus importants.

Le défrichage d'un jardin et la préparation du sol sont des activités exclusivement masculines, tandis que la plantation, l'entretien et la récolte des jardins sont essentiellement pratiqués par les femmes. Dans un jardin sur terrain plat, on trouve cinq ou six billons disposés parallèlement. Lorsqu'un billon est prêt à être planté, le cultivateur sème des graines de maïs, plante des boutures de chayotte (*Secchium edule*, Cucurbitaceae) et désigne à sa femme les zones où elle plantera les boutures de patate douce. Ce type de jardin mettant en jeu un savoir-faire plus important que les autres, l'homme garde un contrôle sur toutes les étapes de l'ouverture jusqu'à ce que la plantation soit achevée. Les autres types de jardins, n'impliquant pas un travail de la terre aussi élaboré, sont décrits dans le tableau suivant :

Pratique	Signification	Caractérisation du lieu
<i>Kwenang yabuk</i>	Jardin où la terre est juste retournée, sans usage de fertilisant ni de billon.	Zone de moyenne à faible pente.
<i>Wealangge</i>	Jardin directement planté après défrichage. Pas de travail de la terre.	Zones de forte pente.
<i>Soli yabuk</i>	Jardin où la terre est retournée sur du fertilisant, mais pas de billon. Pratique peu courante.	Zone de faible pente, plats.
<i>Busuk yabuk</i>	Jardin en partie <i>esap yabuk</i> , en partie <i>wealangge</i> . Pratique peu courante.	Zones dont certaines parties sont en pente, d'autres plates.



L'usage des billons correspond ici non seulement à une plus grande complexité de techniques que pour les autres formes de jardins, exclusivement adaptées aux zones de plat, mais il participe aussi à la construction d'une mémoire collective en constante transformation, où de nouvelles pratiques viennent se mêler à celles plus traditionnelles de la société Yali.

Selon les Yali, cette technique n'est utilisée que pour augmenter le rendement en tubercules ou en arachides, par retournement de la terre et apport de fertilisant. Elle ne permet pas une exploitation plus longue du jardin, comme cela a été observé chez les Wola (SILLITOE, 1996). Les jardins de Holuwon sont situés à l'étage collinéen, nul besoin, ici, d'entretenir une température constante, peu de variations intervenant à l'intérieur du billon, et permettant la culture de patate douce à haute altitude, comme cela a été observé chez les Raiapu Enga des hautes montagnes centrales de Papouasie-Nouvelle-Guinée (WADDELL, 1972).

Cette technique semble avoir été intégrée aux cycles agricoles traditionnels où alternent une phase d'exploitation des jardins ne dépassant pas deux ans et une période d'abandon des cultures pouvant atteindre 15 ans ou plus. À court terme et compte tenu des reliefs importants de la région de Holuwon, le billon, adapté uniquement aux terrains plats, ne semble pas devoir prendre une place prédominante dans le système technique.

Histoire et société

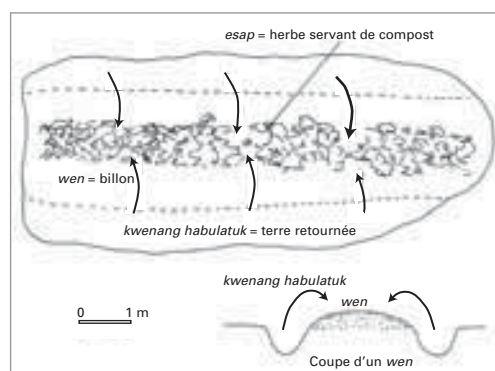
En 9 000 ans de pratiques agricoles en Nouvelle-Guinée (GOLSON, 1989), de nombreuses techniques ont été développées permettant une grande diversité des modes de production

La technique du billon des Yali consiste à retourner la terre sur des herbes fertilisantes.

La Papouasie-Occidentale, à l'ouest de la Nouvelle-Guinée, est une province indonésienne.

dans les jardins, pour lesquels des seuils d'intensification ont pu être observés. Les Dani (PURWANTO, 1997) donnent un exemple de la complexité et de la diversité de la technique du billon, qui met en jeu des pratiques comme le drainage ou l'apport de fertilisants. Elle semble toutefois être d'introduction récente chez les Yali de Holuwon. Cette technique est utilisée uniquement sur terrain plat, essentiellement pour la culture de la patate douce et de l'arachide, et n'affecte pas le cycle agricole Yali. Elle pourrait être originaire des voisins Dani ou d'autres populations Yali, en provenance du village voisin de Ninia, situé plus en altitude.

Les Yali appartiennent à la même famille linguistique que les Dani et n'en diffèrent qu'au niveau de la sous-famille, celle des Ngalik Nduga (SILZER et CLOUSE, 1991). Le premier contact entre les Yali et les Européens n'a eu lieu qu'en 1961, lors de la création de la mission d'Angguruk par S. Zöllner et W.H. Vriend (ZÖLLNER, 1988). Les Yali de Holuwon disent justement descendre de ceux d'Angguruk lesquels, après une longue migration et de multiples péripéties, auraient atteint les villages de Ninia en amont et de Holuwon.



De nos jours, les liaisons aériennes entre Holuwon et la ville voisine de Wamena sont pratiquement hebdomadaires, et de plus en plus d'enfants font leurs études dans la capitale du district. Du fait de cette ouverture sur la ville, les rapports sociaux et les pratiques agricoles sont en cours de transformation, sans que cela entraîne de véritable rupture avec les pratiques traditionnelles.

Références

BOISSIÈRE, 1999 a, 1999 b ; BOISSIÈRE, 2003 ; GOLSON, 1989 ; PURWANTO, 1997 ; SILLITOE, 1996 ; SILZER et CLOUSE, 1991 ; WADDELL, 1972 ; ZÖLLNER, 1988.



© E. Boissière

La culture sur billon dans un jardin yali. Chaque billon, ou *wen*, est délimité par deux sillons, source de terre lors de la fabrication du billon et servant à l'évacuation de l'eau de pluie.



© E. Boissière

Un cultivateur retourne de la terre avec un bâton à fouir, *keam*, sur du fertilisant végétal, ou *esap*, pour en faire un billon (Papouasie-Occidentale).

Nomenclature

La butte est une forme de champ surélevé et se présente comme un monticule plus ou moins haut sur lequel les plantes sont cultivées. Cette technique, comme celle des planches surélevées, est répandue en Afrique tropicale et s'adresse principalement à la culture des tubercules. L'exemple choisi parmi de nombreux autres est pris en Zambie chez les Mambwe (STROMGAARD, 1990).

Localisation géographique

En Afrique, la culture sur butte est particulièrement importante au Nigeria, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Congo et en Zambie. On la retrouve en Tanzanie. Elle est également l'une des caractéristiques de l'agriculture en Papouasie Nouvelle-Guinée et, plus généralement, en Mélanésie.

Sur les hauts plateaux de Zambie, près de Mbala, les buttes sont aménagées autour des villages. La région, située à 1 500 mètres d'altitude, se présente comme un vaste plateau entrecoupé de cuvettes mal drainées, les *dambo*. Elle jouit d'un climat tempéré d'altitude. Les pluies surviennent de novembre à mars, atteignant de 1 000 à 1 400 mm par an. Les sols sablo-argileux (ferralsols) sont pauvres en matières organiques et souvent mal drainés. La population est relativement dense.

Conduite technique

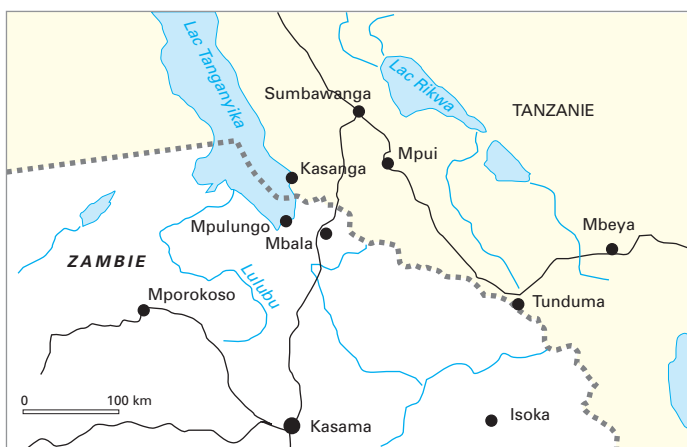
La réalisation des buttes se fait de préférence sur des terrains qui entourent les villages et parfois sur les terres de défriche brûlis, après les dernières récoltes. En novembre, en début de saison des pluies, un groupe d'hommes commence par désherber la parcelle en laissant l'herbe sur place. Les hommes se disposent ensuite en plusieurs lignes parallèles, face à la faible pente, puis reculent lentement en jetant alternativement à droite et à gauche des pelletées de terre mêlée d'herbe, aux mêmes endroits que leurs voisins. Lorsque toutes les lignes sont passées, des monticules circulaires sont formés, plus ou moins disposés en lignes de niveau. Un deuxième passage permet d'accumuler sur ces tas de nouvelles pelletées de terre et d'enterrer le matériel végétal précédemment entassé. La butte (*fundikila*) est définitivement formée. On y laisse délibérément repousser l'herbe jusqu'à la fin de la saison des pluies. En mars, au début de la saison

sèche, on désherbe les monticules en jetant l'herbe au sol où elle pourrit. Des haricots, des arachides et du manioc sont alors plantés sur les buttes. Après la récolte en juillet, les monticules sont éparpillés sur le sol enrichi par les herbes préalablement abandonnées et par les résidus de légumineuses. En début de saison des pluies, on cultive alors le mil (*Eleusine coracane*), le sorgho (*Sorghum vulgare*) ou le maïs (*Zea mays*) sur cette terre fertilisée et ce sol devenu plat. L'année suivante, les légumineuses sont à nouveau cultivées sur des buttes entre lesquelles on conserve quelques mils et un peu de manioc. Puis le cycle est reproduit deux années de suite avant de laisser la parcelle au repos. La céréaliculture à plat profite des matières organiques et de l'azote des légumineuses cultivées sur les buttes mais ces dernières ont aussi pour fonction de lutter contre le mauvais drainage du sol. Les racines des plantes sont exondées et les ruissellements s'écoulent entre les rangs de monticules.

La technique utilisée sur les hauts plateaux de Tanzanie est similaire (LUNAN, 1950) et alterne la culture du mil sur sol plat et la culture de légumineuses sur butte. Après avoir désherbé les champs et formé de petits tas d'herbe, les paysans empilent des mottes de terre retournées, confectionnant des monticules d'un mètre de diamètre et de 70 centimètres de hauteur. Un homme seul peut élever en une journée une centaine de buttes espacées de 40 à 50 centimètres. Après la récolte et le début des pluies, les buttes sont détruites et étalées sur le champ. La culture à plat commence.

Histoire et société

Cette agriculture performante quant à la gestion de la fertilité est conduite depuis une centaine d'années par les Mambwe, parallèlement à l'agriculture sur défriche brûlis. Cette dernière, traditionnelle et majeure, est devenue de plus en plus difficile à mener dans un



contexte de croissance démographique accompagnée d'une accélération de la déforestation et d'un appauvrissement des terres. Les jardins de case jouent un rôle accru et la pratique de la culture sur buttes se développe autour des villages ou sur les champs en fin de cycle cultural, de façon à concentrer le sol fertile. Cette technique agricole fondée sur la rotation entre céréales et légumineuses et sur la pratique des buttes enrichies est un bon exemple des méthodes d'enrichissement ou de conservation des sols. Néanmoins, elle réclame une grande main-d'œuvre alors que la migration des jeunes vers la ville se poursuit. Une méca-

Les hauts plateaux de Zambie, près du lac Tanganyika où sont aménagés les billons.

nisation partielle est possible à condition qu'elle ne perturbe pas l'usage traditionnel des terres et l'élévation des buttes.

Références

DENEVAN et TURNER, 1974 ; LUNAN, 1950 ; STROMGAARD, 1990.

Les champs *ngolo* des Matengo

Nomenclature

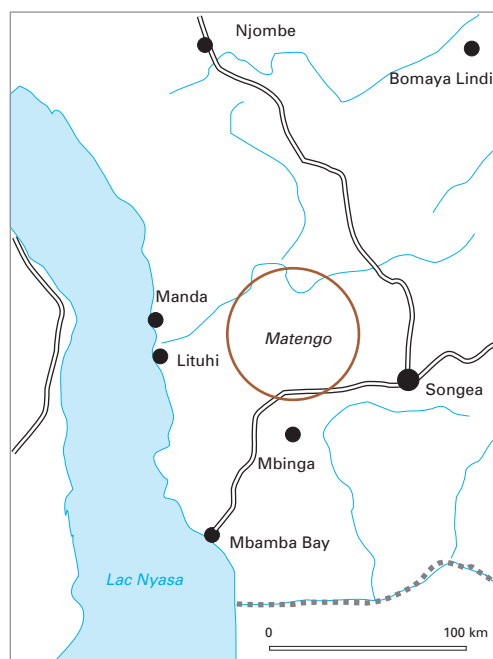
Les Matengo résident dans les montagnes du même nom situées au sud de la Tanzanie. Ils pratiquent un système de culture sur micro-cuvettes et billons cloisonnés, qu'ils appellent *ingolu* ou *ngoro* ou *ngolo* (trou dans la langue locale dérivée du Bantou). On la retrouve sous l'appellation trous *matengo* dans la littérature spécialisée. Sa fonction principale, dans ces zones montagneuses, est de freiner l'érosion du sol par les fortes pluies. De la matière organique végétale est également incorporée aux billons.

Localisation géographique

Cette technique traditionnelle est pratiquée par les populations résidant dans les monts Matengo au sud de la Tanzanie (district de Mbinga). C'est une région aux pentes prononcées, s'élevant entre 900 m et 1 700 m d'altitude au nord-est du lac Nyasa. Les Matengo occupent la partie ouest de cette région, sur la partie haute des montagnes. La densité de population avoisine 100 ha/km². Le climat tropical tempéré alterne des pluies d'hiver (1 200 mm par an) et des étés secs. Toutefois, les pluies sont erratiques et surviennent en violents orages qui érodent les terres.

Conduite technique

La culture *ngolo* s'établit généralement sur des pentes de 5° à 30°. En mars, à la fin de la saison des pluies, la végétation est composée d'herbes hautes (*Conyza sumatrensis* et *Nidorella resedifolia* principalement) que les Matengo ont laissé pousser intentionnellement alors que partout ailleurs on profite des pluies pour cultiver le maïs et le haricot. Les hommes coupent l'herbe au ras du sol et la laisse sécher une semaine ou deux. Les résidus végétaux secs sont alors utilisés pour tracer des parcelles carrées de petite dimension (1,5 à 2 m de côté) sur toute la surface de la parcelle. L'excédent de végétaux est ensuite brûlé. À l'intérieur de ces carrés, le sol est creusé par les femmes qui jettent la terre recueillie sur les lignes de végétaux de façon à former une grille de bourrelets épais. Seul le sol superficiel, noir et fertile, doit être amassé sur les lignes, aussi les femmes arrêtent de creuser dès que le sous-sol rougeâtre apparaît. Les billons horizontaux perpendiculaires à la pente, sont construits plus solidement que les billons verticaux de façon à mieux retenir les ruissellements. La hauteur d'un billon est de 15 à 20 cm. La taille moyenne d'un champ est de 0,7 hectare et il contient environ 1 500 trous



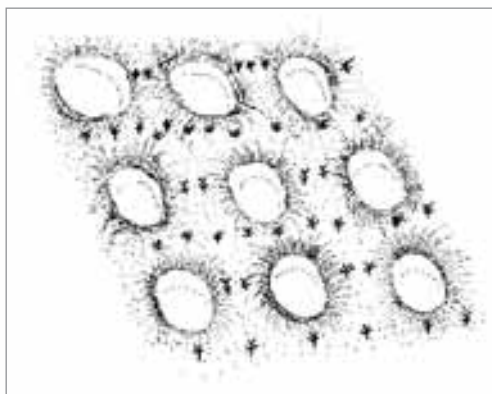
La région des Matengo où la culture *ngolo* est pratiquée.

encadrés de leurs bourrelets. On plante sur les bourrelets des haricots (*Phaseolus vulgaris*) récoltés en juin ou juillet qui sont remplacés par du maïs au début de la saison pluvieuse suivante, cette fois sur les bourrelets horizontaux. Entre les deux, la terre est laissée au repos. Durant deux à trois ans, la parcelle est cultivée de la même façon, en alternant les haricots et le maïs durant la même saison culturale. À chaque début de cycle haricot/maïs les trous sont alternés par rapport à la saison précédente, c'est-à-dire qu'ils sont creusés là où l'année précédente les bourrelets étaient situés. Dès que le rendement du maïs diminue, la totalité de la parcelle est mise en jachère durant cinq ans environ avant d'être à nouveau cultivée. La fonction principale des trous *ngolo* est de freiner la forte érosion du sol par les pluies, de maintenir la fertilité de la terre et de retenir les ruissellements. Les cultures profitent à la fois de la décomposition des débris végétaux enterrés et de l'eau accumulée dans les cuvettes. Mais il faut plus de 100 heures de travail par hectare pour établir une parcelle *ngolo*.

Histoire et société

La méthode de culture *ngolo* a été mise au point il y a plusieurs centaines d'années. À la fin du XIX^e siècle, les peuples Ngoni ont envahi le sud de la Tanzanie et ont chassé les autochtones vers le Ruvuma et les monts Matengo. Les premiers sont devenus les Ndendeule, les seconds ont inventé la culture en trous *ngolo* (ou *matengo*) pour survivre dans une région accidentée et inhospitalière. Fondée sur le contrôle de l'érosion et le maintien de la fertilité du sol, la technique a permis aux communautés réfugiées de maintenir leur production agricole pendant plus de 100 ans. Traditionnellement non hiérarchisée, la société matengo a dû néanmoins s'organiser en royaume pour mieux lutter contre les envahisseurs Ngoni.

Aujourd'hui, la culture en trous *ngolo* se pratique entre 100 et 600 m d'altitude sur des unités de terre familiales nommées *ntambo*, qui s'étagent d'une petite vallée jusqu'au sommet de la montagne, donnant accès à différents systèmes écologiques. Les champs se situent juste au-dessous des plantations de café. Plus en amont sur la pente, la végétation naturelle arborée est conservée ; en aval vers les cours d'eau, on cultive des légumes et des bananes. Les champs *ngolo* et leurs cultures de plantes majeures sont donc au centre de la parcelle *ntambo* et occupent près de 20 000 hectares. Ce mode de culture reste fondé sur une bonne connaissance de la technique d'aménagement des cuvettes qui suit une stricte répartition



Le quadrillage des bourrelets de terre centrés sur une petite cuvette dans les parcelles *ngolo* (adapté de KATO, 2001).

sexuelle du travail. Les hommes désherbent et arrangent les bourrelets, les femmes creusent et cultivent. Les trous se faisaient autrefois au bâton à fouir, mais aujourd'hui on utilise la bêche. La construction des trous et des bourrelets est une marque culturelle importante chez les Matengo et les femmes se doivent d'apprendre puis de transmettre à leurs filles la meilleure façon de faire les *ngolo*. Actuellement, la durée de la jachère diminue sous la pression démographique et la main-d'œuvre embauchée pour aménager les parcelles n'apporte pas le même soin que les femmes à la confection des trous. Les jeunes filles scolarisées n'apprennent plus la technique, comme le faisaient autrefois leurs mères. Enfin, le développement de la culture du café entraîne une progressive désaffection de la culture des haricots et du maïs et donc une diminution des parcelles à *ngolo*. Tout cela, lié à une immigration importante tend à faire disparaître ce mode de culture.

Cette agriculture, née sous une pression démographique forte, est alors abandonnée pour des modes d'agriculture plus extensifs, dès que les communautés migrent dans des zones moins peuplées. Localement, des modes de cultures sur banquettes en courbes de niveau, plus faciles à réaliser, se développent depuis quelques décennies.

Références

ALLAN, 1965 ; BASEHART, 1973 ; CRITCHELY *et al.*, 1994 ; ITANI, 1998 ; KATO, 2001 ; MATTE, www.tzonline.org/pdf/changeandstabilityintheindigenousfarming.pdf; PIKE, 1938 ; STROMGAARD, 1990.

Les Terres Noires des Indiens en Amazonie¹

Nomenclature

Les Terres Noires sont des sols anthropogéniques, c'est-à-dire des sols dont les caractéristiques originelles ont été modifiées par les activités humaines. En raison de la coloration foncée de leur horizon superficiel, ils sont connus sous l'appellation de terre noire (*terra preta*), terre noire de l'Indien (*terra preta de índio*), terre noire anthropogénique (*terra preta antropogênica*) ou archéologique (*terra preta arqueológica*), ou encore sous un terme moins divulgué, celui de terre mulâtre (*terra mulata*).

L'expression générique de terres sombres (*dark earths* ou *Amazonian dark earths*) a été proposée pour mieux refléter la diversité des colorations de ces terres (WOODS *et al.*, 1999 et LEHMANN *et al.*, 2003) mais il ne faut néanmoins pas oublier que l'expression *terra preta* est fortement enracinée dans le vocabulaire amazonien. De plus, cette notion de *terras pretas* prend efficacement le contre-pied des discours sur une Amazonie peu touchée par l'action humaine en raison des contraintes imposées par des sols pauvres et acides.

Les populations amazoniennes connaissent bien ces taches de *terra preta* (ou TP) à fertilité élevée, bien différentes des sols naturels environnants, en général acides et pauvres en nutriments, et elles les mettent à profit pour l'agriculture, mais ce n'est que récemment que l'origine des sols dits de *terre noire* qui apparaissent sous forme de taches d'extension variable en Amazonie a pu être en partie élucidée.

Les TP sont des lieux d'habitat de populations préhistoriques ; leur couleur obscure est due principalement à la présence de matière organique décomposée provenant des charbons des foyers domestiques ou du brûlis de la végétation pour l'ouverture d'abattis. Leurs teneurs élevées en carbone organique, phosphore, calcium et magnésium résultent de l'accumulation de cendres, de déchets alimentaires (poissons, coquillages, gibier) et de déjections humaines, d'où cette fertilité significativement supérieure à celles des autres sols amazoniens (RODRIGUES, 1996 ; KERN et KÄMPF, 1989 ; WOODS *et al.*, 1999 ; McCANN *et al.*, 2001 ; LIMA *et al.*, 2002). Les zones de TP peuvent être auréolées de sols de couleur plus claire, brun cendré, avec aussi une haute teneur en carbone organique mais des teneurs en phosphore et calcium plus faibles et peu, ou pas de restes archéologiques. Ces sols sont différents de ceux non perturbés adjacents et leur existence est interprétée comme résultant de la pratique d'une agriculture perma-

nente ou semi-permanente. Il s'agit des *terras mulatas* (TM) (SOMBROEK, 1966). Ce sont des apports organiques qui leur auraient donné cette teinte. Ces TM matérialisent probablement d'anciennes zones agricoles situées en périphérie des zones d'habitation identifiées par la présence de TP (ANDRADE, 1986 ; MORA *et al.*, 1991 ; WOODS *et al.*, 2000 ; McCANN *et al.*, 2001).

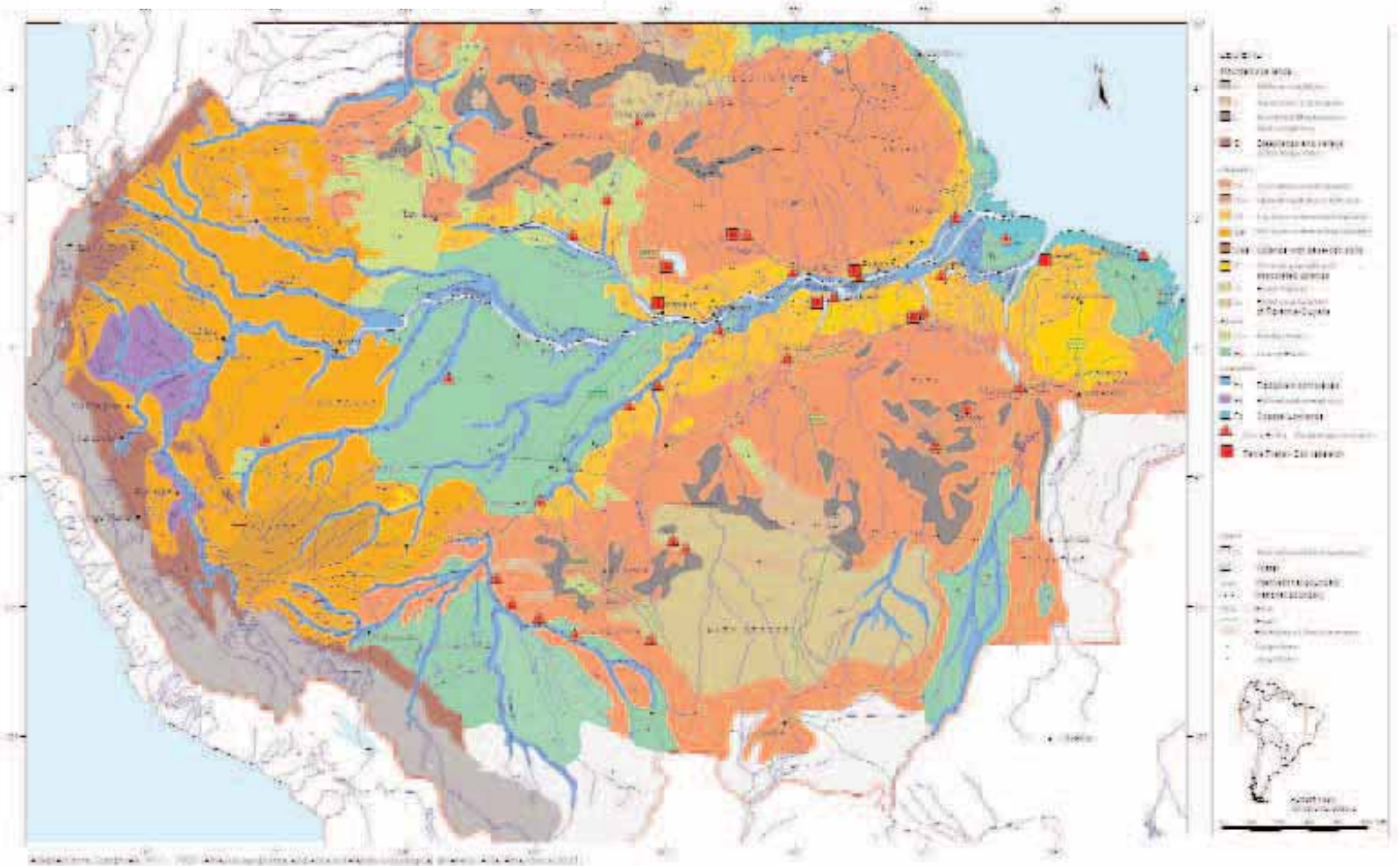
Localisation géographique

L'Amazonie est souvent perçue comme un ensemble homogène, soumis à une forte pluviométrie et des températures élevées, couvert d'une forêt tropicale dense sur des sols acides et pauvres en nutriments. En réalité, il existe une grande diversité de situations environnementales et climatiques qui se reflètent dans la végétation, les types et les propriétés des sols (SOMBROEK, 2000).

Des sites archéologiques à TP ont été identifiés dans les trente-trois écorégions différenciées en Amazonie ainsi que dans les régions marquées par la présence de fleuves d'eaux blanches, noires ou claires qui constituent également trois grandes unités écologiques (CAPOBIANCO *et al.*, 2001 et SIOI, 1984). Les sites sont en général situés à proximité des cours d'eau, dans des *várzeas* (terres inondables), les élévations adjacentes ou plus à l'intérieur des terres, dans les zones de terre ferme. Dans ces dernières, les zones de TP sont épar-

¹ Nous remercions Laure Emperaire, IRD, pour la traduction du texte portugais et A. Durán Coirolo, MPEG, pour sa révision.

Carte de distribution de la présence
des taches de Terres Noires en Amazonie
(rectangles et triangles rouges) connues à l'heure actuelle.



**Profil de sol au site Bom Jesus 8,
Município de Bom Jesus
(Tocantins, État de Pará).**

pillées et ne dépassent pas en général un hectare ; le long des fleuves et dans les interfluvies elles peuvent atteindre des centaines d'hectares (KÄMPF *et al.*, 2003). On a localisé de nombreux sites archéologiques sur les rives de fleuves d'eaux blanches comme le Purus, le Madeira, le Juruá, le Solimões, ou encore l'Amazonie ; on les trouve aussi près de fleuves d'eaux claires comme le Trombetas, le Tapajós et le Mapuera ou d'eaux noires comme le Urubu, le Caxiuanã, le Mapuá ou le Rio Negro (KERN *et al.*, 2003). Le choix de ces lieux d'habitation répondait, en règle générale, à plusieurs conditions : celle d'un accès aux ressources de différents environnements écologiques et celle d'un contrôle, par une bonne visibilité, des voies d'accès (GERMAN, 2004).

Ces TP se retrouvent aussi en Colombie, Équateur, Guyane, Pérou et Venezuela. Certains auteurs (SOMBROEK *et al.*, 2003) estiment que les TP recouvrent de 6 000 à 18 000 km² du bassin amazonien, soit de 0,1 à 0,3 % de ses six millions de kilomètres carrés. On les trouve aussi bien dans des zones de ferralsols, d'acrisols, d'arenosols, de spodosols ou d'autres types de sols. Ils sont néanmoins plus fréquents dans les deux premières classes citées qui, elles-mêmes, couvrent près de 70 % de l'Amazonie (RODRIGUES, 1996). Le type d'environnement pédologique ne semble donc pas avoir été un élément déterminant pour l'établissement des populations.

Conduite technique

Les caractéristiques des Terres Noires

Selon le modèle d'occupation de la (ou des) communauté(s) préhistorique(s), les caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques des TP varient à l'échelle de chaque site et entre les sites. Les TP sont en général des sols bien drainés, profonds avec une texture allant de sableuse à très argileuse, avec un horizon A plus sombre et plus épais que dans les sols voisins. Le pH y est aussi plus élevé que dans les autres ferralsols et acrisols amazoniens tout comme les teneurs en carbone organique, phosphore disponible, calcium et magnésium, la valeur de la capacité d'échange cationique (T)



© D. Kern

et celle de saturation par les bases (V)². L'horizon A présente aussi des teneurs en micronutriments comme le zinc et le manganèse plus élevées que dans les horizons subjacents et que dans les sols non anthropogéniques de terre ferme (KERN et KÄMPF, 1989 ; KERN *et al.*, 1997 ; LIMA *et al.*, 2002).

La formation des Terres Noires

La présence d'artefacts, os, coquillages, charbons ou autres résidus d'origine domestique dans les profils pédologiques indique que les TP sont des zones d'occupation humaine et vraisemblablement d'agriculture. Les matériaux qui ont probablement le plus contribué, à la fois en quantité et en qualité, à la formation de leur matière organique sont le charbon et des déchets d'aliments, en particulier du poisson qui a une forte teneur en calcium et phosphore. La présence de nombreux tessons de céramiques dans les TP suggère qu'ils ont pu se former dans des zones dévolues aux déchets, en général situées à l'arrière des habitations.

La formation des TP peut être associée à la préparation des aliments (résidus de foyers, restes de gibier ou de poissons, fruits, récipients, etc.), aux déjections humaines, à des résidus de matériaux de construction (palmes ou autres matériaux) et à diverses autres activités (NEVES *et al.*, 2004). La préparation des aliments et le brûlage continu des déchets ont

² $T = (Ca + Mg + K + Na + (Al + H))$; $V = (S/T) \times 100$, $S = (Ca + Mg + K + Na)$



© D. Kern

probablement constitué, par leur combustion partielle, une source importante de matériaux organiques. Les récipients de cuisson présentent fréquemment une forte teneur en phosphore en raison de leur usage pour la préparation d'aliments comme le poisson (COSTA *et al.*, 2003). Les feuilles de palmiers employées pour la couverture des habitations et périodiquement renouvelées ont pu aussi être une source importante de potassium, calcium, magnésium, zinc et manganèse dans les TP (KERN *et al.*, 1999).

Les caractéristiques morphologiques et chimiques de certains TM permettent de penser qu'ils résultent des activités agricoles ou même d'une gestion volontaire du sol (WOODS et McCANN, 1999 et McCANN *et al.*, 2001). En effet, l'existence d'importantes agglomérations en Amazonie a dû être sous-tendue par une agriculture relativement productive aux caractéristiques fort différentes de l'actuel système d'agriculture sur brûlis qui repose sur une période de jachère prolongée. On peut formuler l'hypothèse que la mise en culture de sols de terre ferme à faible fertilité chimique (ferralsols ou acrisols) a été rendue possible par l'adjonction en quantités significatives de nutriments probablement issus de matériaux organiques. La formation intentionnelle des TM par une gestion appropriée du sol demande néanmoins à être encore élucidée.

Dégagement d'une superficie de terre noire au site Bom Jesus 8.

Histoire et société

La région des basses terres inondables amazoniennes, celle des *várzeas*, porte les traces sur environ 2 000 ans d'une forte occupation humaine, plus intense que lors des périodes antérieures. Celle-ci s'est maintenue jusqu'à l'arrivée des Européens aux XVI^e et XVII^e siècles (ROOSEVELT, 1994). Les données ethnohistoriques et archéologiques attestent de la présence de sociétés complexes pratiquant une agriculture intensive et résidant sur des noyaux de population établis selon un modèle urbain (ROOSEVELT, 1991 et HECKENBERGER *et al.*, 1999). Le développement de cette agriculture intensive préhistorique aurait été en partie permis par les apports d'alluvions lors des crues annuelles, caractéristiques des *várzeas*. De plus, les terrasses situées au-dessus du niveau d'inondation, aux sols naturellement acides et peu fertiles, auraient aussi été utilisées comme habitat et comme terres agricoles de culture permanente ou semi-permanente ce qui aurait mené à la formation de TP (DENEVAN, 2001).



© A. LARAQUE

Les données archéologiques suggèrent que les TP se sont formés entre 1 000 et 2 000 ans avant l'arrivée des Européens en Amazonie. Selon A. ROOSEVELT (1991), ce sont des peuples collecteurs et horticulteurs qui auraient initié leur formation il y a 3 000 ans, environ un millénaire avant la phase d'une agriculture plus intensive. Les caractéristiques des TP reflètent les modalités d'occupation. Ainsi, leur coloration sombre ou leur épaisseur a pu être mise en relation avec la durée de l'occupation du site ou la densité de la population (SMITH, 1980). Les variations locales de l'épaisseur des sols peuvent être corrélées au type d'activité : préparation des aliments, cycles agricoles et gestion des déchets organiques (KERN, 1988, 1996 ; MORA *et al.*, 1991).

Les faibles taux de minéralisation du carbone ainsi que les faibles pertes de nutriments par lessivage ont contribué au maintien de ces TP pendant plusieurs siècles (GLASER *et al.*, 2003 ;

Limite de la várzea (plaine d'inondation) Lagoa Grande de Curuai et du cours de l'Amazone en crue.

LEHMANN *et al.*, 2003). La formation des TP s'est interrompue avec le déclin rapide de la population amérindienne, lors de la colonisation européenne, en raison des épidémies et de l'esclavage (DENEVAN, 2001). Les populations arrivées en Amazonie lors des derniers siècles ont valorisé et utilisent ces sols à des fins agricoles. Leur utilisation se poursuit aujourd'hui mais les modes actuels de gestion des sols entraînent souvent leur dégradation avec la perte de nutriments et l'érosion de l'horizon A. Les TP sont encore utilisées par les populations riveraines des grands fleuves pour leur agriculture de subsistance fondée sur le manioc, le maïs et les haricots mais aussi comme lieux d'habitation. Elles sont de plus cultivées à des fins commerciales pour la production de papayes et de bananes ou pour la plantation de gazon pour les jardins. Elles sont aussi vendues comme « terres de jardin » dans les centres urbains.

La présence de sol de *terra preta* et de *terra mulata* sur de grandes surfaces est un marqueur de l'existence, dans l'Amazonie préhistorique, de groupes amérindiens importants et stables qui avaient construit des systèmes agricoles durables. La connaissance des techniques mises en œuvre permettrait de réorienter les pratiques actuelles des agriculteurs vers une meilleure gestion des sols de faible fertilité et à faible capacité de production.

Références

ANDRADE, 1986 ; CAPOBIANCO *et al.*, 2001 ; COSTA *et al.*, 2003 ; DENEVAN, 2001 ; GERMAN, 2004 ; GLASER *et al.*, 2003 ; HECKENBERGER *et al.*, 1999 ; KÄMPF *et al.*, 2003 ; KERN, 1988, 1996 ; KERN et KÄMPF, 1989 ; KERN *et al.*, 1997 ; KERN *et al.*, 1999 ; KERN *et al.*, 2003 ; LEHMANN *et al.*, 2003 ; LEHMANN *et al.*, 2003 ; LIMA *et al.*, 2002 ; McCANN *et al.*, 2001 ; MORA *et al.*, 1991 ; NEVES *et al.*, 2004 ; RANZANI *et al.*, 1970 ; RODRIGUES, 1996 ; ROOSEVELT, 1991, 1994 ; SIOLI, 1984 ; SMITH, 1980 ; SOMBROEK, 1966, 2000 ; SOMBROEK *et al.*, 2003 ; WOODS et McCANN, 1999 ; WOODS *et al.*, 2000.

Nomenclature

Les *plaggen soils* (de l'allemand *plaggen* : couper une motte de terre) sont des sols artificiels (anthrosol, du grec *anthropos* : homme), résultant de l'accumulation au même endroit de terres enrichies d'engrais animaux. Ce sont des sols anciens profondément remaniés par l'homme et dont l'épaisseur est en général supérieure à celle des terres environnantes, ce qui permet de les repérer. On les nomme *plaggen'oden* en allemand et *plaggengronden* en Belgique. Ils représentent un type d'anthrosols associés aux arénosols et podzols dans les régions périglaciaires de l'Europe.

Localisation géographique

Ils couvrent près de 500 000 hectares dans le nord-ouest de l'Europe, sur des sols sableux périglaciaires. Ils sont présents aux îles Shetland et Orcades ainsi que dans quelques sites écossais, au Danemark, aux Pays-Bas et en Belgique et dans le nord de l'Allemagne. Ils s'inscrivent dans des territoires où les activités agropastorales ont été importantes. D'une façon générale, les anthrosols signent la présence continue de l'homme, durant longtemps et au même endroit. On les retrouve dans le monde entier, sur de petites surfaces, partout où l'homme a fertilisé la terre de façon prolongée, avec des détritiques domestiques ou du fumier. Ce sont, pour la plupart, des sols fossiles.

Conduite technique

Les *plaggen soils* ont été générés par un très long processus de fertilisation qui emploie un mélange de terre, de matières végétales et de fumier, étalé sur un sol sableux et pauvre. Ce matériel est obtenu de la façon suivante : le bétail, gardé en étable la nuit et durant l'hiver, repose sur une litière faite de mottes de gazon et de bruyères, de feuilles sèches préalablement coupées et collectées ou de tourbe ; lorsque la litière est fortement souillée on la remplace par une nouvelle couche de matière végétale, l'ancienne étant mise en compost. On peut aussi, plus simplement, ajouter une couche propre à l'ancienne. Les litières souillées par les excréments animaux sont ensuite étalées sur des champs de culture et mélangées au sol. On utilise de la même façon les cendres obtenues en brûlant la tourbe pour se chauffer, les résidus de cuisine et les algues collectées sur le rivage, particulièrement abondantes

après les orages. Au fil des ans, l'épaisseur du sol ainsi formé augmente et atteint plus d'un mètre. Il existe plusieurs variantes dans la façon d'obtenir un *plaggen soil*. Par exemple, on peut laisser les moutons paître plusieurs années sur des pâturages tourbeux. On ajoute alors, sur la surface de la parcelle, des algues ou autre matière végétale fraîche, puis on découpe et retourne les mottes de tourbe jusqu'à obtenir un sol enrichi. Ces sols ont de bonnes caractéristiques physiques. Leur couleur varie du noir, quand de la bruyère a été utilisée comme fertilisant, au brun. Ils sont bien drainés et fertiles, favorisent le développement des systèmes racinaires des plantes et retiennent l'humidité. Ils sont acides ($\text{pH} = 4$), riches en phosphate (plus de 100 mg P_2O_5 pour 100 g de terre) et présentent un taux de carbone/azote (C/N) élevé (18-22). Mais, le prélèvement de la tourbe ou des amas de bruyère dénude ailleurs des portions de sol qui deviennent rapidement érodées et totalement incultes.

Sur ces sols artificiels enrichis les paysans ont cultivé au prix d'un travail intense l'orge, le seigle et l'avoine. La production atteignait près de 1 000 kg à l'hectare, c'est-à-dire cinq fois moins que des champs recevant aujourd'hui des fertilisants chimiques. On les utilise actuellement pour cultiver des pommes de terre, de la betterave et du fourrage ou pour planter des pépinières d'arbres.

Histoire et société

Cette agriculture a été menée dans le nord de l'Europe dès le XII^{e} siècle et jusqu'au début du XIX^{e} siècle, avant l'introduction des fertilisants chimiques. En Écosse, elle a été introduite au XII^{e} siècle par des moines néerlandais mais des recherches récentes¹ suggèrent qu'elle a été

¹ http://www.rdg.ac.uk/archaeology/Research/Geoarchaeology/Plaggen_soils.htm



menée bien avant. On retrouve d'ailleurs des vestiges de fertilisation par engrais naturel sur les champs celtiques (*celtic fields*) datant de l'âge du fer (SPEK *et al.*, 2003). C'est une agriculture de subsistance qui associe nécessairement l'élevage, pour la fourniture du fumier, et la culture de céréales sur de petites parcelles préparées. Dans ces régions nordiques, les villages et les terres de culture étaient entourés par une large muraille, les pâturages se trouvant à l'extérieur. Si bien que l'accumulation continue de terre enrichie de fumier s'est faite sur les mêmes parcelles clôturées durant près de 1 000 ans, sans grands changements dans les pratiques agricoles. L'introduction de la pomme de terre et l'augmentation de la population à la fin du XVIII^e siècle furent suivies d'un déclin démographique et de l'abandon progressif de ce mode d'agriculture à la fin du XIX^e siècle, bien qu'il ait persisté jusque dans les années 1960 dans les îles les

Présents essentiellement dans le nord de l'Europe, les *plaggen soils* sont des terres fortement anthropisées.

plus isolées d'Écosse. Il a permis de cultiver des sols sableux et pauvres qui réclament une fertilisation continue pour assurer une bonne productivité. L'utilisation de fumier animal a pu être développée en réponse à une diminution des quantités d'algues collectées sur la plage, algues que les paysans ont tout d'abord utilisées comme fertilisant.

Références

ADDERLEY *et al.*, 2000 ; BULL *et al.*, 1999 ; DAVIDSON et CARTER, 1998 ; DERCON *et al.*, 2005 ; PAPE, 1970 ; SIMPSON, 1997 ; SIMPSON *et al.*, 1998 ; SPEK, 1992 ; SPEK *et al.*, 2003.

Plantes et jardins

Jardins de taros en terrasse à Futuna.



© E. Mollard

Ce dernier chapitre commence par la présentation de deux contextes particuliers, marqués par un environnement *a priori* difficile, investi par des populations venues d'ailleurs : celui de Rapa Nui (ou île de Pâques) et celui du plateau Dogon. Dans l'un et l'autre cas, ces communautés humaines ont su exploiter les avantages de leurs milieux, s'adapter aux transformations de leurs sociétés, parfois néfastes pour l'environnement, ou bien aux opportunités que leur offrait l'histoire. Dans l'un et l'autre cas, on remarque que c'est la diversité des techniques employées, chacune sur de petites parcelles dans un milieu réduit, qui a permis à ces sociétés de survivre puis de prospérer.

Le chapitre se poursuit par cinq exemples montrant de quelle façon une plante, en raison de son rôle prépondérant dans la société, pour une raison ou pour une autre, peut être l'objet de techniques agricoles particulières qui visent toutes à répondre à ses besoins. Ainsi, le riz, plante de base des populations hima-

layennes, est cultivé sur des terrasses qui, à cette altitude et dans ce type d'environnement, font l'objet d'aménagements spécifiques. Chacun d'eux est distingué par un nom. Mais le riz, dont la culture est si exigeante et qui est indispensable à la survie de ces populations, a atteint un statut tel qu'il organise aussi la société qui le produit, comme c'est souvent le cas pour les plantes alimentaires de base. Il en est de même des Dugum de Papouasie-Occidentale qui, après avoir élaboré les magnifiques jardins drainés que nous avons rencontrés précédemment (chapitre 3), se sont ouverts sur le monde moderne, diversifient aujourd'hui la culture de leurs patates douces et tentent d'améliorer leur ancien système de culture ainsi que leur niveau de vie.

L'igname, quant à elle, est au Vanouatou une plante alimentaire de base mais aussi une plante rituelle importante, rythmant le calendrier agricole et soutenant des cérémonies complexes. Comme le riz, l'igname structure la vie sociale

des agriculteurs qui la cultivent. C'est un tubercule qui peut prendre des formes variées dont seules quelques-unes sont acceptées dans les cérémonies. C'est donc pour produire ces formes particulières que les agriculteurs mettent au point des techniques culturelles spécifiques.

Quant à la coca et à la vigne, elles sont, respectivement en Bolivie et à Lanzarote, des plantes économiques de première importance. Nous verrons la place qu'elles occupent dans ces sociétés et les pratiques minutieuses dont elles font l'objet.



Petit jardin clos dans l'île de Pâques.

© D. Greindl

Les jardins de pierres de Rapa Nui

Nomenclature

L'île de Pâques (Rapa Nui) surprend par son manque de végétation, faisant apparaître sur son sol pelé, des millions de pierres. Ces pierres qui tapissent la terre et paraissent la rendre impossible à cultiver sont en fait les vestiges des jardins en pavements horizontaux (Bork *et al.*, 2004). Elles ont été utilisées pour recouvrir le sol des parcelles de cultures afin de forcer l'infiltration de l'eau et de diminuer l'évaporation (voir aussi Les champs de graviers des Anasazi et Les champs sablés en Chine du Nord).

Les *manavai* (signifiant « lieu d'eau » en langue rapanui) sont de petits jardins vivriers dressés ou souterrains, clos par des pierres verticales. Ils sont généralement de forme ronde ou ovale, de diamètre compris entre trois et dix mètres et d'une hauteur d'un mètre au minimum. On les trouvait de façon individuelle ou en groupes de cinq ou huit et même jusqu'à une quarantaine. Autrefois, on trouvait aussi le *pu* : *manavai* en terrasse de pierres assemblées avec plusieurs trous circulaires de 60 cm de diamètre destinés à la plantation de taros.

L'île est connue principalement pour ses imposants et énigmatiques Moai et le mystère de leur origine. En revanche, l'état de sa végétation et de son agriculture n'a intéressé les chercheurs que depuis une quinzaine d'années. Aujourd'hui, l'île possède une savane sèche, une flore peu diversifiée et quelques bosquets d'arbres introduits. L'agriculture n'y est plus une activité importante, l'autosubsistance est rare et l'approvisionnement alimentaire provient essentiellement de l'extérieur par bateaux et avions. Or, l'île a bénéficié à l'origine d'une végétation luxuriante et variée qui protégeait la terre de l'érosion, du soleil et du vent salé. Une activité agricole très sophistiquée et diversifiée a été menée sur ce sol volcanique fertile, afin d'accroître la production et réduire les risques de famine.

Les sites archéologiques dispersés sur l'île démontrent différents types d'agriculture, comme des jardins tapissés par des pierres volcaniques, des jardins clos, des jardins de profondeur (trous, grottes ou effondrements naturels situés entre les couches de laves), des jardins circulaires, des jardins irrigués, des jardins vivriers de type polynésien, des jardins en terrasses, des champs de monocultures, etc. Seuls deux modes d'agriculture, qui utilisent de façon remarquable les pierres volcaniques, sont présentés ici : les jardins en pavements et les jardins clos.

Localisation géographique

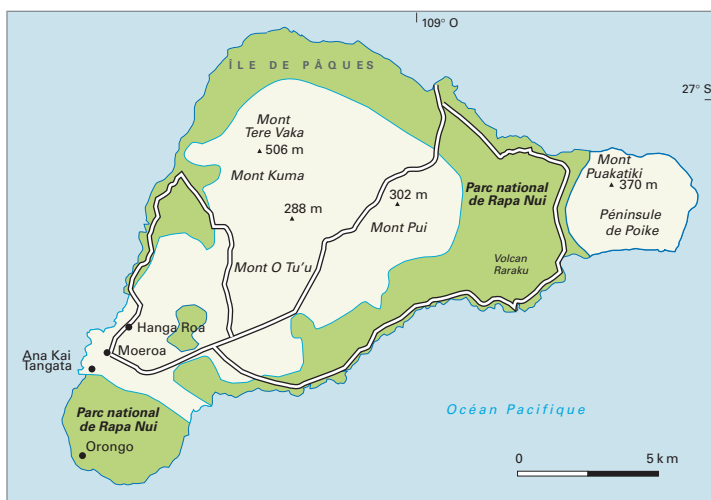
Rapa Nui est située à 3 760 km des côtes du Chili et 4 050 km de Tahiti. Après 1 400 ans d'i-

solement, elle fut découverte en 1722 le jour de Pâques par le Hollandais J. Roggeveen, et fut annexée en 1888 par le Chili.

C'est une petite île volcanique de 160 km² de forme triangulaire dont les angles sont composés de trois volcans éteints dont l'un culmine à 536 m. Elle présente un relief vallonné au sol basaltique où se cachent de nombreuses grottes naturelles. Son climat subtropical de type océanique influencé par des vents souvent violents comporte une saison chaude de novembre à avril, mais sans saison des pluies marquée (elles sont plus abondantes durant l'hiver austral de mai à septembre). Sa température moyenne annuelle est de 20 °C et la moyenne des précipitations annuelles est de 1 365 mm.

L'île, qui est un site archéologique dans sa totalité, laisse apparaître des traces de jardins en pavements presque partout, parfois recouverts par les herbes, sur des sols plans ou dénivelés. Ils sont situés principalement près des villages, sur les côtes comme à Maunga Puko Puhi ou zone de La Pérouse et aussi dans le centre de l'île. Les zones les plus propices (planes, faciles d'accès, proche des villages, aux abords des volcans et des points d'eau) ont été cultivées en premier. Puis, avec l'accroissement de la population et la demande croissante en calories pour les travailleurs des carrières de Moai, la déforestation progressive et le manque d'espace, l'agriculture s'est étendue à toute l'île.

Il en est de même pour les jardins clos : il existe plus de 1 450 anciens *manavai*, situés



principalement dans les lieux d'anciens villages, établis dans les zones plates et venteuses, non loin des côtes (1 km).

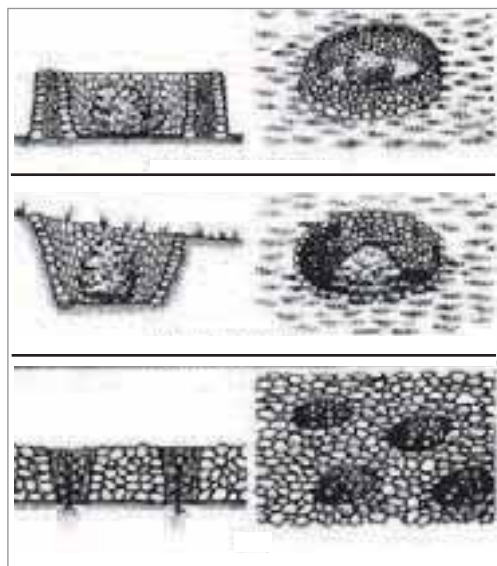
Conduite technique

La flore locale, non complètement identifiée, apportée par les vents et les courants marins, semble moins nombreuse que celle apportée par les premiers navigateurs puis par les contacts avec les Européens. Lors de leurs migrations dans les îles du Pacifique, les navigateurs polynésiens ont emporté sur leurs pirogues les animaux (rats, chiens, cochons), les graines ou les plantes en pots nécessaires à leur survie. Ils ont amené ainsi à Rapa Nui les denrées indispensables à la survie alimentaire (igname, taro, banane, patate douce, canne à sucre, etc.), sociale et culturelle (mûrier, bois

L'île de Pâques, minuscule province chilienne perdue dans l'océan Pacifique.

de rose, cordyline, etc.). Les autres plantes ont été apportées plus tard par les navigateurs et les missionnaires de Tahiti qui se sont établis sur l'île. Ainsi, en 1780, le jardinier de l'expédition de La Pérouse a amené les graines de nombreux petits légumes et les missionnaires ont implanté l'avocatier et l'oranger.

Dans le passé, les plantes alimentaires cultivées sur l'île y étaient variées. L'inventaire des cultivars, aujourd'hui presque tous disparus, recensait plus de 25 variétés de patates douces (*Ipomoea batatas*, *kumara*) base de l'alimentation, 42 variétés d'ignames (*Dioscorea alata*, *uhi*), 24 variétés de taros (*Colocasia esculenta*, *taro*) et plantes apparentées (*Xanthosoma* sp., *Alocasia macrorrhiza*), une dizaine de bananiers (*Musa* sp., *maika*), le manioc (*Manihot esculenta*, *manioka*), l'arrow-root et la canne à sucre (*Saccharum officinarum*, *toa*). Grâce à toutes ces plantes, l'alimentation était saine et diversifiée. On cultivait aussi la cordyline (*Cordyline terminalis*, *ti*) et le mûrier (*Broussonetia papyrifera*) pour la confection de *mahute* (ou *tapa*). Contrairement aux autres îles du Pacifique, Rapa Nui ne compte que très peu de cocotiers et d'arbres à pain, à cause de son climat moins humide et très venteux.



Différents types de *manavai* à Rapa Nui, en superficie, en profondeur, clos, en terrasse...



© D. Greindl

Les vestiges des jardins en pavements éparpillés sur l'île (76 km² recensés) ont révélé que les parcelles étaient utilisées pour la culture du taro, de la patate douce et de l'igname. Selon l'archéologue rapa nui, S. Haoa, les pierres étaient trouvées sur place ou provenaient d'une « fabrique », c'est-à-dire d'une roche coupée en morceaux et déplacée par des ouvriers (cette roche pouvait aussi servir de jardin vivrier). Les pierres étaient découpées selon des tailles variables ou désagrégées selon leur utilisation (protection contre le vent, fabrication de sol, tuteur, etc.) et posées les unes à côté des autres et (ou) sur les autres. Leurs densités variaient selon différents facteurs : lieu, qualité du sol, hydrométrie, plantes à cultiver, etc. Selon les transects effectués par BORK *et al.* (2004), on relève une moyenne de 150 000 pierres par hectare (15 tonnes/m²) dont la préparation, le déplacement et l'étalement auraient impliqué entre 15 à 20 % de la population masculine (300 j/an). La taille de ces jardins varie selon les lieux (jusqu'à 50 ha). Ils pouvaient être aussi associés à de l'agroforesterie. Les avantages de cette technique étaient nombreux : protection contre le vent et l'évaporation, enrichissement du sol en minéraux, réduction de l'érosion, adoucissement des amplitudes thermiques, etc.

Il en est de même pour les *manavai*, dont les murs de pierre avaient pour rôle de garder l'humidité du sol et de protéger les plantes du vent, des embruns, du soleil, des animaux et

Les champs de Rapa Nui.

des voleurs. Après avoir nettoyé le sol, les pierres volcaniques étaient rassemblées et emboîtées de manière concentrique jusqu'à atteindre une hauteur suffisante pour protéger les plantes. La création et les groupes de *manavai* sembleraient être d'époque plus ancienne que les jardins en pavement, et contenaient des plantes sélectionnées plus variées.

Histoire et société

On estime que le peuplement du Pacifique, parti d'Asie du Sud-Est vers 1 500 av. J.-C., est arrivé à Rapa Nui vers le ve siècle de notre ère. Dans les légendes, c'est d'abord le roi *Ariki Hotu Matua* qui, parti de l'ouest d'un lieu inconnu aujourd'hui (Hiva, Marquises, Samoa, etc. ?), la peupla avec sa tribu et la nomma : *Tepito O Te Henua* (le nombril de la Terre). Les chefs organisaient et dirigeaient toutes les activités de la vie quotidienne et culturelle des tribus qui se partageaient le territoire. Les villages étaient composés de huttes rudimentaires entourées de champs cultivés. Mais, on estime qu'en un siècle la population passa d'une centaine d'habitants à près de dix mille. Cette croissance de la population, donc de la demande en aliments, entraîna l'extension de l'agriculture par les jardins en pavements.



© D. Greindl

Plus tard, une seconde immigration (de race plus corpulente : les *Hanau Eepe*) contribua à l'apogée de cette civilisation par la construction des plus importantes plates-formes de Moai (symboles des ancêtres de haut rang qui servaient au culte de leur mémoire). Malheureusement, vers la fin du ^{xvii}e siècle, la compétition entre les tribus et l'excès des exigences culturelles, entraînèrent progressivement la décadence de cette civilisation. Elle se termina par une guerre civile entre les *Hanau Eepe* et les *Hanau Momoko*. Vers le milieu du ^{xviii}e siècle, les Moai furent renversés et leur culte abandonné au profit de celui de l'homme oiseau (alternance de chefs par un concours annuel). Ensuite, tous les contacts avec l'extérieur eurent des effets catastrophiques sur l'île (raids esclavagistes péruviens, maladies, etc.) pour aboutir à la quasi-extermination de sa population (112 personnes au début du ^{xix}e siècle).

Si cette brillante civilisation a laissé de nombreux témoignages culturels, elle représente aussi un modèle de catastrophe écologique due à une exploitation mal gérée de la nature. La déforestation fut causée par différents phénomènes : nécessité de rondins de bois pour le déplacement des statues, brûlis des agriculteurs (demande croissante de terres cultivables), demande en bois de chauffe, de cuisson et pour les crémations, incendies des

Jardins clos, *manavai*, plantés de bananiers à Rapa Nui.

guerres tribales, constructions de pirogues, tsunamis (trois à quatre par siècle), etc. En pleine décadence, cette île sans rivière s'est donc retrouvée sans sa végétation luxuriante. Or, elle était la base de tout l'équilibre vital et sa dégradation mena vers une régression sociale (impossibilité de fabriquer des maisons, des pirogues, etc.), la famine et la guerre civile. Cette histoire dramatique met en évidence la dépendance de toute société envers son environnement.

Sans cette végétation, et plus tard avec moins d'habitants pour cultiver, les *manavai* artificiels se développèrent. L'augmentation de leur nombre et de leur hauteur fut aussi liée à l'établissement du bétail après les contacts européens. On en rencontre encore (entretenus ou reconstruits) sur quelques sites archéologiques éparpillés sur l'île, dans les jardins situés en ville (protection des cultures et décoration) et sur des lieux touristiques modernes (hôtels, musée). Le *manavai* symbolise une technique bien particulière d'adaptation à l'environnement et fait partie de l'identité de Rapa Nui.

Taro cultivé sur un champ pavé à Rapa Nui.

Les jardins en pavements sont omniprésents sur l'île, mais n'étant plus utilisés, ils se sont fondus dans le paysage, éparpillés par le temps, les animaux et les hommes (clôtures, nettoyages, etc.). En effet, à l'inverse du passé, l'agriculture actuelle élimine des champs (labourage) les fameuses pierres si bénéfiques à la terre et aux plantes. Si cette technique et ces jardins sont malheureusement oubliés (et même inconnus des agriculteurs actuels expliquant l'absence de dénomination par ceux-ci), ils représentent la vie agricole florissante du passé et peut-être celle du futur.

Références

BORK *et al.*, 2004 ; CAMPBELL, 1973 ; CONAF, 1996 ; Corporación Mata Nui A Hotu A Matu'a O Kahu Kahu O'Hera, 1999 ; ENGLERT, 1974 ; FLENLEY et BAHN, 2002 ; Haoa, 2004, *comm. pers.* ; LIGTHFOOT, 1994 ; METRAUX, 1940, 1941 ; MCCOY *et al.*, 1961 ; Musées royaux d'Art et d'Histoire de Bruxelles, 1990 ; OREFICI, 1996 ; ORLIAC et ORLIAC, 1988 ; POLLOCK, 1993 ; STEVENSON, 1997 ; STEVENSON *et al.*, 2002 ; VAN TILBURG, 1994 ; ZIZKA, 1991.



© D. Greindl

Jardin de grotte.



© D. Greindl

fiche 60 Les jardins des Dogons

Nomenclature

Lorsque la terre fait totalement défaut et que l'eau est rare, il est néanmoins possible de créer de véritables jardinets, sans engins mécaniques ni pétrole, mais avec beaucoup d'ingéniosité. C'est ce qu'ont fait les Dogons, aujourd'hui célèbres pour les nombreuses techniques de préservation de l'eau et du sol qu'ils ont mises au point. Les fameux jardins, en plein développement, sont des parcelles de culture créées *ex-nihilo* pour cultiver l'oignon, qui est vendu vers le Mali.

Localisation géographique

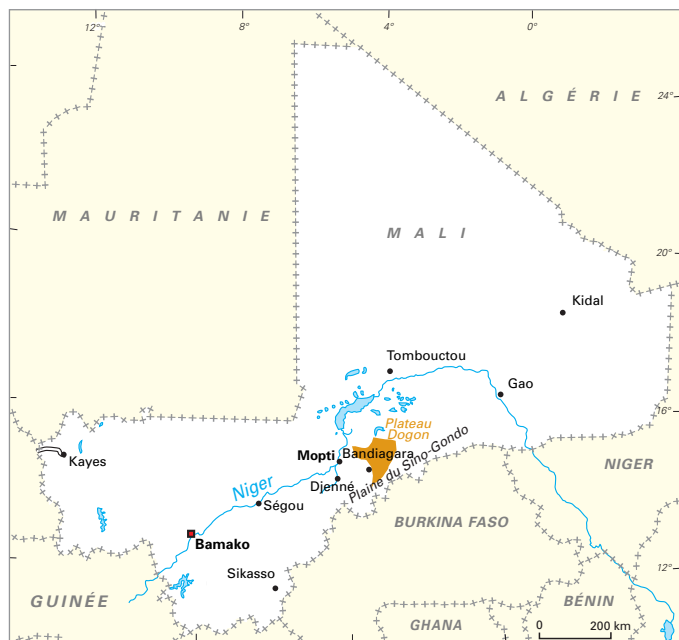
Les Dogons vivent au sud du Mali sur le plateau Bandiagara qui s'élève à une altitude de 400 à 600 m. À l'ouest, ce plateau s'incline en pente douce vers le delta intérieur du Niger ; à l'est il surplombe la plaine du Sino-Gondo par une falaise abrupte, haute de 200 à 400 m. Sa superficie est de 10 000 km² et sa largeur n'excède pas 80 km. Les glacis gréseux qui le composent sont par endroits surmontés de buttes bordées d'escarpements raides, d'une centaine de mètres de hauteur. Le plateau est parcouru de vallées sableuses particulièrement étroites et d'éboulis. Il est drainé à l'ouest par des cours d'eau temporaires, alimentés quatre à cinq mois par an, près desquels sont implantés les villages. À l'est, les pluies dévalent sur les dalles gréseuses et s'accumulent en petites mares au pied de la falaise. Les pluies (500 à

700 mm par an) surviennent de juin à septembre et présentent moins d'irrégularité interannuelle que dans les plaines adjacentes, bien que les années sèches soient fréquentes, comme il est habituel sous ces climats sahéliens. Enfin, l'harmattan souffle fréquemment mais les vents apportent un peu de fraîcheur et surtout, éloignent les moustiques. Le peuplement du plateau est très lâche dans le centre ainsi qu'à l'ouest tandis que les densités humaines les plus fortes se trouvent à la périphérie, là où les sites défensifs sont les plus nombreux et les terroirs les plus variés. La zone des falaises peut atteindre des densités de 50 hab./km², groupés dans des villages perchés en haut des pentes d'éboulis.

Conduite technique

Les conduites agricoles variées sont celles qui sont utilisées dans les zones arides montagneuses où il faut à la fois collecter l'eau, retenir la terre et terrasser les pentes. En pays dogon, il faut aussi enrichir le sol, voire le créer totalement. Les lignes de pierre construites en travers des pentes douces pour freiner les ruissellements et contenir le sol, les terrasses étroites divisées en casiers aménagés sur les pentes les plus raides et la construction des buttes enrichies dans les champs de mil sont des pratiques anciennes. Plus tard, les Dogons ont construit des barrages sur les ravines étroites pour accumuler des sédiments et former de nouvelles parcelles de cultures, ils ont préparé des casiers entourés de levées de terre pour stocker

Acculés sur les falaises arides du plateau Bandiagara, les Dogons y ont développé leur culture singulière.





© IRD/F. Anthony

les eaux de pluie, sur les sols les plus épais, ils ont pratiqué la technique du zaï. Toutes ces techniques ont été présentées dans la partie « Cultiver les terres arides » de cet ouvrage. Les Dogons ont aussi créé de toutes pièces, près des villages, les jardins entourés de pierre sur lesquels ils cultivent aujourd'hui l'oignon.

Ces casiers de culture sont construits sur les terres dénudées où la roche affleure, situées non loin d'un point d'eau. On commence par aligner des pierres elles-mêmes obtenues en cassant ou explosant par le feu des rocaillies qui sont ensuite apportées sur le futur site de culture. Les murets, dont la hauteur varie de 30 cm à 1,5 m, se croisent à angle droit, délimitant des parcelles de un à deux mètres carrés. Chaque parcelle est alors remplie de terre mêlée de débris végétaux, récupérée dans les champs ou près des sources et apportée aux jardinets dans des paniers, à dos d'homme. Le sol ainsi reconstitué atteint de 10 cm à 100 cm d'épaisseur puis il est nivelé. L'oignon y est planté ainsi que quelques tomates et du piment en saison sèche puis des aubergines, du maïs, ou du mil en saison humide. L'arrosage se fait à la main à partir d'une source proche. Les rendements obtenus par la production d'oignons sont de 30 tonnes à l'hectare et alimentent aujourd'hui l'exportation vers le Mali et la Côte-d'Ivoire.

Histoire et société

L'origine des peuples dogon installés sur le plateau Bandiagara a fait l'objet de plusieurs

Village dogon à Banané (Mali).

hypothèses et demeure complexe. Il semble qu'il s'agisse de migrations anciennes, variées et successives dont les membres se sont progressivement intégrés à ceux des vagues précédentes. Les raids des cavaliers mossi, les expéditions des guerriers songhaï dont certains viennent grossir les rangs des peuples des falaises après l'effondrement de leur empire au ^{xvi}^e siècle, les razzias des Bambara de Ségou puis, à partir du ^{xix}^e siècle les jihad peuls et toucouleur contraignent les Dogons à se replier, avec ceux qui les rejoignent, dans les falaises du Bandiagara. Accrochés à leurs villages perchés et concentrés dans des montagnes arides, les Dogons ont progressivement construit une identité particulière et mis au point, pour leur subsistance, des techniques agricoles nouvelles adaptées à ces versants désolés sans terre et avec si peu d'eau. Sur le plateau, les paysans mettent à profit les variations topographiques et pédologiques pour utiliser sélectivement et de façon complémentaire les différents milieux. Les versants, escarpés mais recouverts de sol sablo-argileux retenant partiellement les ruissellements, sont plantés en sorgho. Les vallées étroites au sol sableux sont plantées de mil. La dépression de piémont accueillie, dans ses champs humides ou sur les berges des mares temporaires, le riz, le coton, l'arachide et le piment. Le maraîchage de saison sèche se pratique dans tous les creux



© IRD/J. Laure

de ravines, sur le plateau et sur la falaise. La culture commerciale de l'oignon se fait non loin des villages.

Cette agriculture de subsistance est menée par tous les membres de la famille qui peuvent, dès l'âge de 10 ans, travailler aux champs. Chaque famille a un droit de culture sur les terres de la lignée qui appartiennent au descendant direct des fondateurs du village. En plus des champs familiaux sur lesquels toute la parenté travaille, chaque individu cultive ses propres jardins dont le produit lui appartient. Les travaux d'aménagement des parcelles nécessitent un dur labeur et beaucoup de main-d'œuvre, aussi certains propriétaires n'hésitent pas à récupérer les parcelles allouées juste après leur aménagement mais avant leur mise en culture. Un certain nombre de paysans perdent donc ainsi le bénéfice de leurs investissements en travail. Les membres les plus fragiles de la société sont ceux dont la parentèle est réduite car ils disposent de moins de main-d'œuvre et de moins de personnes pour les protéger contre de tels agissements. L'exode actuel vers les terres basses fragilise ainsi de nombreuses familles restées dans les falaises. Le produit des champs principaux nourrit toute la famille, celui des champs individuels assure l'alimentation entre les principales récoltes et fournit des légumes que l'on vend sur les marchés. Autrefois, les revenus commerciaux des hommes étaient nettement supérieurs à ceux des femmes qui disposent de moins de temps pour cultiver

Jardins en casiers de pierres et terre rapportées en pays dogon.

leurs parcelles personnelles. Mais aujourd'hui, le développement des cultures d'oignon profite principalement aux femmes car ce sont surtout elles qui les cultivent, comme tous les autres condiments. Cet apport d'argent frais leur permet d'acheter les vêtements, les ustensiles de cuisine et des biens variés pour elles, leurs enfants et leur mari qui, parfois, gère lui-même ces nouvelles ressources monétaires.

Autrefois pratiqués, comme en témoignent les vestiges du plateau central, le terrassement des pentes et les autres techniques de culture traditionnelles déclinent aujourd'hui en raison des migrations vers les zones plus fertiles, dues à la sécurité retrouvée des vallées, à la baisse de la pluviométrie et à la croissance de la population estimée à 3,5 % par an. Les jeunes, mais aussi les chefs de famille plus âgés, quittent la région pour s'installer dans les plaines du Niger ou dans le sud du Mali. Des projets de développement agricole tentent d'améliorer et de développer les techniques traditionnellement utilisées bien que l'adhésion des paysans à ces pratiques nouvelles ne soit pas totale.

Références

GALLAIS, 1965 ; HUET, 1994 ; KASSOGUÉ *et al.*, 1990 a ; KASSOGUÉ *et al.*, 1990 b.



Culture irriguée d'oignons en bas-fonds, village de Sangha en pays dogon.



Arrosage des oignons, à laalebasse, tout au long de leur croissance (pays dogon, Mali).

Les terrasses rizicoles de l'Himalaya

Nomenclature

Les *khet* désignent en népalî les rizières, c'est-à-dire des champs aménagés en terrasse spécialement pour la culture du riz (*dhan*) (ABÉ, 1995) : ils sont aplanis afin que la lame d'eau qui les couvre pendant la majeure partie de la saison culturale soit répartie de façon homogène, et ils sont entourés d'une diguette d'une quinzaine de centimètres retenant l'eau.

Ces terres se distinguent des champs dénommés *bari* accueillant d'autres cultures et n'ayant pas d'aménagement spécifique. Les *bari* peuvent être, selon les régions, aménagés en terrasses plus ou moins planes ou être en pente ; ils peuvent être irrigués, mais sont le plus souvent arrosés uniquement par les pluies. C'est ainsi que sont cultivés maïs, légumineuses, millets pendant la mousson, et blé en hiver. Le riz sec ou riz pluvial (*ghaiya dhan*) dont la culture est en voie de disparition, est également semé dans les *bari*. C'est bien l'aménagement pour le riz humide (celui qui reste les pieds dans l'eau une bonne partie de sa saison culturale) qui définit le *khet*.

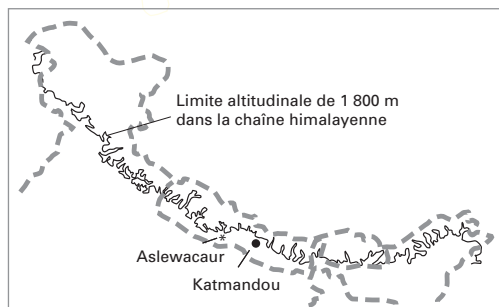
Cette distinction entre rizières et champs se retrouve dans de nombreuses langues des pays rizicoles, le riz apparaissant ainsi comme un élément classificatoire de l'environnement (ABÉ, 1995). Il est également un élément classificatoire entre les hommes, puisque dans la tradition du système des castes, le riz bouilli préparé par le membre d'une caste inférieure à la sienne ne peut pas être accepté.

Le terme *khet* signifiait en népalî ancien « champ, plantation » – acception encore actuelle en kumaoni, langue parlée en Himalaya indien à l'ouest du Népal – pour progressivement désigner les terres les plus fertiles, bien irriguées et dorénavant les rizières.

Localisation géographique

L'image communément associée à la culture du riz est celle de terrasses planes, inondées, délimitées par des diguettes où des femmes, courbées en deux, repiquent de jeunes plants de riz. La riziculture pratiquée dans les montagnes himalayennes répond à cette image devenue cliché, mais elle ne s'y réduit pas.

Comment expliquer que le riz, culture tropicale, soit cultivé en Himalaya ? Cette chaîne montagneuse connaît en effet de multiples climats – du subtropical au glaciaire – du fait d'altitudes variant de 60 m à plus de 8 000 m. Au Népal, le riz peut ainsi être cultivé dans la limite altitudinale de 2 000 mètres. Par ailleurs, pourquoi le riz humide est-il irrigué alors qu'il est cultivé pendant la mousson, période concentrant 80 % des pluies annuelles, soit 1 200 mm dans les basses montagnes du Népal central ? Malgré les pluies importantes, la culture du riz humide nécessite un apport d'eau supplémentaire et régulier, par irrigation. Les rizières se trouvent donc concentrées dans les fonds de vallées et les bas de versants facilement aménageables pour l'irrigation. Certaines peuvent être situées sur



Dans la chaîne himalayenne, le riz est cultivé en deçà d'une limite altitudinale.



© O. Aubriot

les pentes ou sur de hautes terrasses alluviales, mais elles dépendent alors de canaux d'irrigation fragiles, car longs de plusieurs kilomètres, à flanc de montagne, et régulièrement emportés par des glissements de terrain.

La riziculture pratiquée dans les montagnes népalaises est assez similaire à celle des plaines adjacentes indiennes, d'où elle serait issue. La principale différence réside dans la topographie qui doit être maîtrisée pour la construction des canaux et des terrasses, ainsi que la conduite de l'eau dans les pentes.

Une exception notoire concerne la riziculture pratiquée par les Newar, population de la vallée de Katmandou, où la houe remplace souvent l'araire dans la préparation des rizières, où l'alimentation en eau des terres à riz se fait essentiellement par des rigoles collectant les eaux de ruissellement et non des canaux déviant l'eau de rivière, et où des outils et des rites spécifiquement newar persistent. Là aussi, la terminologie vernaculaire distingue les rizières (*luckaboo*) des autres champs (*wullaboo*). Et là aussi, les mythes relatent une introduction du riz depuis la plaine du Gange (DOLLFUS *et al.*, 2003).

Précisons que, pour une riziculture de montagne, la riziculture népalaise est peu diversifiée au regard de pratiques observées au Kumaon dans l'Himalaya indien ou en Assam par les Apa Tani qui cultivent le riz différemment selon les variétés (FURER-HAIMENDORF, 1947 ; PANT, 1935).

Les hautes terrasses rizicoles himalayennes.

Conduite technique

Plusieurs types de rizières existent au Népal et sont distingués dans la nomenclature vernaculaire en fonction de leurs caractéristiques hydriques et topographiques, montrant par là l'importance que revêtent ces contraintes pour les agriculteurs. Aussi observe-t-on des rizières de pente (*pakho khet*) modelées avec un fort dénivelé entre les terrasses ; des rizières de berges (*khola khet* ou « rizières de rivière »), parcelles implantées le long de petites rivières ; des *phat khet* occupant de vastes fonds de vallées ou bassins alluviaux (*phat*) ; des *tar khet* implantées sur des terrasses alluviales perchées (*tar*) ; des *sim khet* parcelles au sol hydromorphe, constamment en eau (SMADJA, 2003).

La taille des parcelles et des exploitations agricoles est relativement petite, ces terres ressemblant davantage à des jardinets selon nos standards européens. Ainsi à Aslewacaur, village situé à 700 m d'altitude dans les moyennes montagnes du Népal central, sur une haute terrasse alluviale perchée à 200 mètres au-dessus du confluent de deux rivières, les plus anciennes rizières, construites dans la deuxième moitié du XVIII^e siècle, ont une superficie de 200-300 m². Ces rizières, consti-

tuant un périmètre de 4 ha, sont alimentées par un simple filet d'eau dévié d'un petit torrent et réparti dans quatre canaux d'irrigation. La faible quantité d'eau allouée à ces terres se retrouve dans la nomenclature locale qui distingue deux espaces, portant le nom des variétés de riz autrefois cultivées. Ainsi, on apprend que l'un d'eux, le plus en aval, était repiqué d'un riz supportant les à-sec. Aujourd'hui, variétés locales et variétés améliorées sont cultivées en proportions égales, la préférence de goût allant pour les variétés locales tandis que les modernes offrent un plus fort rendement mais sont plus fragiles au manque d'eau.

L'espace rizicole principal qui couvre aujourd'hui la majeure partie de cette haute terrasse alluviale (40 ha) est plus récent, datant du début du ^{xx}e siècle : des champs secs (*bari*) existaient alors, et l'histoire locale précise que l'aménagement des canaux et des parcelles en rizières bien planes s'est réalisé progressivement, de 1914 à 1943. La construction du canal d'amenée d'eau, long de 6 km à flanc de montagne, a elle-même nécessité trois ans de labeur de la part de mineurs de la région, appelés pour l'occasion (AUBRIOT, 2004).

Les *khet* servent à la fois de pépinière de riz (1/10^e de la superficie à repiquer) et de rizière proprement dite. Leur travail de préparation est très important non seulement par la quantité de travail à fournir mais aussi pour le bon déroulement de la culture. Le sol doit être bien plat et régulier afin que la lame d'eau qui est laissée dans la rizière soit de même hauteur pour toute la parcelle. Ainsi, deux labours à l'araire tracté par une paire de zébus sont effectués pour bien ameubler le sol et le rendre boueux grâce à l'eau qui l'inonde ; une planche en bois, tractée également, est passée dans deux sens différents afin d'aplanir le sol ; les diguettes sont nettoyées et recouvertes de boue pour assurer leur étanchéité. Le repiquage peut alors avoir lieu : les semences qui avaient été mises dans la pépinière un mois plus tôt sont devenues de jeunes plants, qui sont arrachés de la pépinière pour être replantés – exclusivement par les femmes – dans la boue de la rizière. Puis de l'engrais chimique est apporté à deux reprises. Les femmes désherbent manuellement les parcelles une à deux fois selon la quantité de mauvaises herbes. Durant toute la saison de culture, les riziculteurs apportent régulièrement de l'eau à leur parcelle, ici tous les deux à trois jours. Dans de nombreux espaces rizicoles à travers le monde, l'eau s'écoule de rizière en rizière. Ici au contraire, le réseau d'irrigation a été

conçu par les paysans eux-mêmes de façon à rendre chaque parcelle indépendante de ses voisins pour son alimentation en eau.

À la récolte, hommes et femmes participent à la coupe des tiges. Celles-ci sont sectionnées à leur base à l'aide d'une faucille puis sont disposées en javelles (à plat dans le champ), pour sécher au soleil pendant deux à trois jours dans la rizière, alors à sec. Le riz est ensuite battu à la main, par gerbes et engrangé dans un silo dans la maison. Le rendement moyen est de 3 t/ha (variétés locales et améliorées confondues) : il est donc supérieur au rendement moyen national (2 t/ha), mais inférieur au rendement mondial (4 t/ha) et n'atteint pas les valeurs maximales de l'Égypte et de l'Australie à plus de 9 t/ha (TRÉBUIL et HOSSAIN, 2004).

Une fois le riz récolté, d'autres cultures peuvent être pratiquées dans cette terre, tels le blé ou les pommes de terre en hiver suivis de maïs ou de riz au printemps, profitant des capacités d'irrigation de ces terres – qui se dénomment toujours *khet*.

Histoire et société

Deux zones géographiques doivent être distinguées pour parler de l'histoire des terrasses rizicoles au Népal : la vallée de Katmandou où la riziculture est attestée dès le ^{vi}e siècle et le reste des montagnes, où l'introduction massive de cette culture est le fait de migrants provenant d'Inde du Nord, les ancêtres des Indo-Népalais, à l'origine de royaumes qui remontent au ^{xii}e siècle dans l'extrême ouest du Népal et au ^{xv}e siècle dans le centre du pays. Ces migrants ont introduit et imposé leur organisation politique et le système des castes, l'un d'eux a unifié le Népal à la fin du ^{xviii}e siècle. Leur maîtrise de techniques agraires tels le labour à l'araire, la transplantation du riz et de l'éleusine, ou encore l'irrigation aurait participé à leur conquête du Népal. La domination des bâtisseurs de rizières sur les populations dites « tribales » qui pratiquaient élevage et agriculture itinérante sur brûlis serait ainsi le fait d'un bouleversement technique (SAGANT, 1976), la conquête technique ayant facilité la conquête politique.

La technique est donc d'origine indienne – le riz a été domestiqué dans la vallée du Gange dès le ^{iv}e siècle av. J.-C. – que ce soit pour la vallée de Katmandou ou le reste du pays ; elle a été importée dans les montagnes népalaises (hors Katmandou) par les ancêtres des Indo-Népalais et a conduit à un bouleversement de la vie technique, toutes les populations ayant



Labour



Planage



Repiquage
du riz

progressivement cultivé du riz irrigué. Ainsi aujourd'hui, les pratiques agricoles ne sont pas spécifiques à une population : à une même altitude dans une région donnée, le système agraire est identique pour tous les groupes.

La riziculture irriguée permet une densité de population double de celle des zones d'agriculture pluviale : ainsi, à Aslewacaur la densité est de 400 hab./km² – contre 200 en moyenne sur le district où seulement 11 % des terres sont irriguées – et de 2 000 hab/km² cultivé, densité que les ressources locales ne permettent pas de faire vivre, obligeant de nombreuses personnes à migrer en Inde pour trouver une rémunération.

Les terres rizicoles irriguées représentent aujourd'hui 33 % de la superficie cultivée sur l'ensemble des montagnes. Évaluer leur expansion géographique d'un point de vue historique est difficile par manque de données. Les fonds de vallée et les endroits facilement accessibles ont sans doute été aménagés avant l'unification du Népal à la fin du XVIII^e siècle. Les politiques du XIX^e incitant à la construction des terrasses rizicoles par l'intermédiaire d'exemption d'impôt foncier pendant trois ans ont sans

doute eu quelques effets sur la mise en valeur des terres, mais c'est surtout au XX^e siècle, avec la croissance démographique et l'intensification du système agraire dès 1920 que les terrasses alimentées par de longs canaux ont été construites, par les villageois eux-mêmes. Quant aux investissements gouvernementaux, ils se concentrent, depuis un demi-siècle, essentiellement sur le développement de l'irrigation dans la plaine au sud du pays. Les terrasses rizicoles de montagne ne peuvent guère être étendues et leur principale contrainte reste la fragilité des canaux de montagne et donc l'entretien des réseaux d'irrigation, très coûteux en main-d'œuvre. On observe depuis une dizaine d'années, dans les vallées adjacentes à celle de Katmandou une transformation des terres rizicoles d'autosubsistance en champs irrigués pour la culture de légumes, vendus à la capitale.

Références

ABÉ, 1995 ; AUBRIOT, 2004 ; DOLLFUS *et al.*, 2003 ; FURER-HAIMENDORF, 1947 ; PANT, 1935 ; SAGANT, 1976 ; SMADJA, 2003 ; TRÉBUIL et HOSSAIN, 2004.

Wen hipere, jardin de patates douces des Dani Baliem en Papouasie-Occidentale

Nomenclature

Le jardin de patate douce est appelé par les Dani Baliem «*wen hipere leget*», (*wen* = un jardin ou un champ, *hipere* = la patate douce, *Ipomoea batatas* (L.) Lamk, et *leget* = la clôture). La culture de ce jardin est une des activités centrales et quotidiennes des Dani Baliem. En effet, elle est en relation avec l'ensemble de leurs activités sociales. La patate douce constituant leur aliment de base, elle est considérée comme une source de vie. L'*hipere* est un symbole de fertilité, d'harmonie, et de santé.

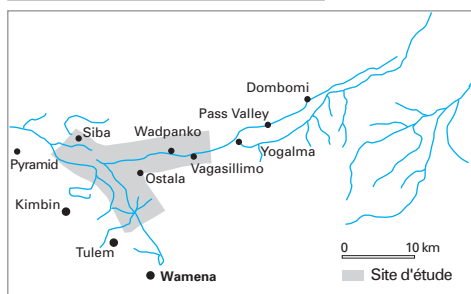
Localisation géographique

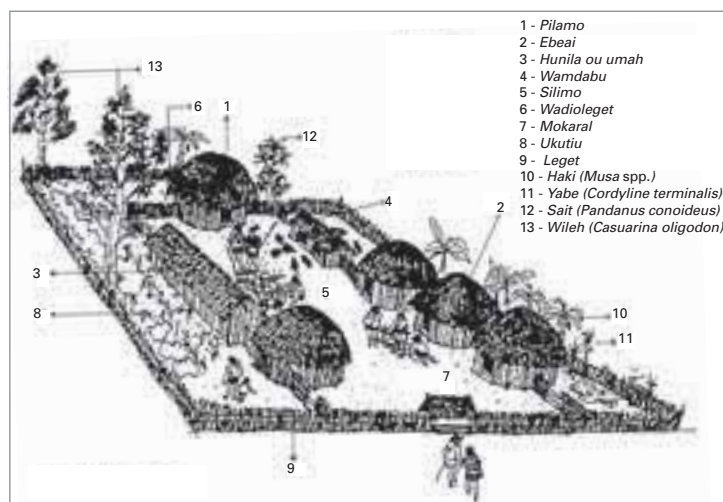
La population dani, au nombre de 300 000 habitants dans les montagnes centrales de Jayawijaya, parle la langue dani. Ce sont des cultivateurs de patates douces et des éleveurs de porcs, peuplant les hautes terres de l'ouest de la Nouvelle-Guinée, en Papouasie-Occidentale. Les Dani occupent un territoire s'étalant de l'ouest d'Iraga à l'est de la grande vallée de la Baliem. La vallée de la Baliem constitue une enclave dans la chaîne montagneuse Jayawijaya située au milieu de l'île. Ce territoire couvre une superficie d'environ 16 000 km². Il est limité au nord par les marécages, la forêt d'Ikenbourg et la rivière de Rouffer, au sud par les neiges éternelles du Puncak Jaya qui se trouvent entre 4 500-4 800 m d'altitude. Pour y aller, il suffit de prendre un avion à Sentani sur la côte nord-ouest, aéroport de Jayapura. Le vol de Sentani à Wamena (la vallée de la Baliem) dure environ 45 minutes pour effectuer les 350 km qui séparent les deux villes. Au bout de 35 minutes de vol, on arrive à un col nommé «*pass valley*» situé à environ 2 400 m d'altitude, puis on passe une sorte de porte qui ouvre sur la vallée et nous fait longer les deux murs de la montagne avant que ne s'étende sous nos yeux cette grande vallée, qui semble perchée, accrochée, et entourée par les chaînes montagneuses des Jayawijaya. Les immenses étendues de culture de patate douce apparaissent comme de magnifiques dessins.

Le climat de Papouasie-Occidentale est de type équatorial chaud et humide. Pour la région de la vallée de la Baliem, il est de type équatorial montagneux. D'après les données climatologiques de Wamena, la température moyenne annuelle est de 19,5 °C à 1 540 m d'altitude. Il masque des écarts journaliers entre un minimum de 14 °C et un maximum de

26,5 °C. En général, dans la région de la vallée de la Baliem il fait froid la nuit et chaud la journée. La pluviométrie annuelle est d'environ 1 100-3 500 mm, avec une pluviosité journalière quasiment constante presque toute l'année. La période humide couvre au maximum 8 mois consécutifs, elle est marquée par un fléchissement de la pluviosité en janvier, février et mars. La saison sèche dure seulement 3 mois maximum de juillet à septembre. La pluviométrie annuelle de la vallée de la Baliem est inférieure à celle des autres régions de Jayawijaya, en raison des conditions géographiques de la vallée entourée par la chaîne de Jayawijaya. L'humidité relative est modérée, 70-90 %. Elle varie sensiblement au cours de la journée.

La vallée de la Baliem dans la province indonésienne de Papouasie-Occidentale.





**La maison des Dani
dans la vallée de la Baliem
(Papouasie-Occidentale).**

Conduite technique

On distingue trois systèmes de culture de la patate douce dans la région, notamment chez les Dani de la Baliem en haute montagne.

1) Le système d'agriculture itinérante ou la culture sur brûlis extensive. Dans la vallée de la Baliem, le système de culture itinérante extensive se pratique dans les secteurs montagneux ou sur les collines (*wen yabula*). Après l'abattage de la forêt primaire ou de la forêt secondaire, les arbres sont brûlés pour cultiver la patate douce. Sur les sols calcaires, les Dani font souvent des terrasses soutenues au moyen de pierres calcaires. Ce sont des jardins de pente qui ne nécessitent pas de drainage. On les trouve autour des villages de montagne, mais les villages de vallée ont une partie de leurs jardins établis sur les pentes de façon à disposer de réserves alimentaires quand la vallée est inondée. Les Dani Baliem aiment cultiver les jardins de patate douce sur les pentes de la montagne, pour plusieurs raisons. Ce type de jardin nécessite moins de travail puisqu'il n'est pas nécessaire de creuser des fossés ; la clôture est construite en pierres et il est beaucoup moins soumis aux dégâts provoqués par les porcs. En outre, les Dani Baliem disent que les patates douces y sont plus sucrées, plus agréables au goût, la chair de la patate douce étant plus compacte. Le goût plus sucré s'expliquerait par une teneur en eau du sol plus faible que dans la vallée, ce qui peut influencer la quantité de sucre dans les tubercules et donc leur goût. Enfin, il existait jadis une autre raison d'ordre stratégique : le jardin de montagne était davantage protégé des attaques des populations ennemies.

2) Le système d'agriculture itinérante intensive ou la culture sur brûlis intensive. Ces systèmes d'agriculture sont pratiqués sur les terrains plats dans les zones marécageuses là où la nappe est superficielle et les risques d'inondation fréquents ou dans le fond de la vallée (*wen imah*). (Voir [Les jardins drainés des Dugum Dani](#).)

On emploie le terme intensif pour les petits jardins qui font l'objet de drainages profonds (1,5-2 m de profondeur et 1,5-3 m de largeur) qu'il faut entretenir ; beaucoup d'énergie est dépensée pour la culture et l'entretien de ce type de jardin. Le système de la culture itinérante intensive de la patate douce présente trois caractéristiques essentielles qui permettent de le distinguer du système de culture itinérante extensive : le travail de la terre ; l'entretien de la fertilité de la terre ; la culture en plates-bandes séparées par des fossés de drainage. Ces fossés constituent des pièges pour le limon. Maintenant les Dani Baliem utilisent ces fossés comme un vivier pour des poissons qui ont été introduits. Remarquons que pour les Dani Baliem, le terme « itinérant » n'est pas le plus approprié. En effet, il s'agit plus exactement d'une rotation de cultures et de jachères alternées qui se déroulent à l'intérieur d'un territoire fixe.

3) Le système d'agriculture permanente intensive. Elle se pratique très peu et surtout autour des villages dans un endroit plat et qui n'est jamais inondé. Ici, le fossé est peu prononcé : environ 0,5 à 0,75 m de profondeur et de 0,5 à 1 m de largeur. La terre est travaillée en plates-bandes avant de la planter en patate douce (*wen alobaga*). Périodiquement, ce

jardin peut être abandonné mais peu de temps et les fossés restent en place jusqu'à ce qu'on réutilise le jardin.

Dans le système de culture permanente intensive, le facteur le plus important est l'entretien de la terre. Celui-ci consiste à réaliser des fossés de drainage permanents. Chaque fois que le jardin est réutilisé, on enfouit les herbes et les restes d'arbres abattus, on drague les fossés et on dispose les limons ainsi récupérés sur les plates-bandes. Le drainage se fait en réseau fermé, il n'y a pas de rejet. Ce système évite la perte des éléments chimiques et des matériaux organiques dissous dans l'eau du fossé.

D'après mes observations, chaque jardin (de 2 ha à 5 ha) regroupe de 50 à 77 cultivars différents. La distribution des cultivars de patate douce dans les jardins de la région étudiée est difficile à établir, car leur nombre et leur type diffèrent d'un jardin à l'autre. Mais dans les jardins de pente ou les jardins de montagne, le nombre des cultivars est d'environ 15 à 22. En effet, le jardin sur pente ou de région montagneuse a besoin de cultivars spécifiques qui sont capables de pousser dans des conditions beaucoup plus marginales.

Chaque famille nucléaire cultive environ 20 à 50 cultivars de patate douce, avec une moyenne de 35 cultivars. Le nombre de cultivars cultivés par chaque famille diffère selon leurs besoins. Dans le jardin de patate douce, la plante principale est *hipere* (*Ipomoea batatas*) mais on y trouve aussi d'autres plantes alimentaires : *hom* (*Colocasia esculenta*), *sowa* (*Setaria palmifolia* (Koenig) Stapf), *hupak* (*Zea mays*), *wenyale* (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.), *el* (*Saccharum officinarum*), *haki* (*Musa* spp.), *pain* (*Dioscorea* spp.), *sait* (*Pandanus conoideus* Lamk), etc.

Histoire et société

S. HABERLE *et al.* (1991) fournissent quelques informations sur l'impact de l'homme dans la vallée de la Baliem au cours du temps. Ces auteurs constatent que le premier impact de l'homme sur le paysage (feux de brousse) date de la période 26 000 ans av. J.-C. Cette estimation repose sur le résultat des analyses de charbon dans les dépôts issus de l'érosion des pentes. Ils ont montré qu'il existait une activité de chasse aux wallabies il y a 3 000 ans av. J.-C. Ils ajoutent que la diminution de la forêt dans la vallée due à l'impact de l'homme aurait eu lieu dès 5 000 ans av. J.-C., mais ils ne précisent pas quel type de pratique est en cause : brûlis de chasse ou brûlis agricoles. Rappelons que J. GOLSON (1977) a décelé des traces de

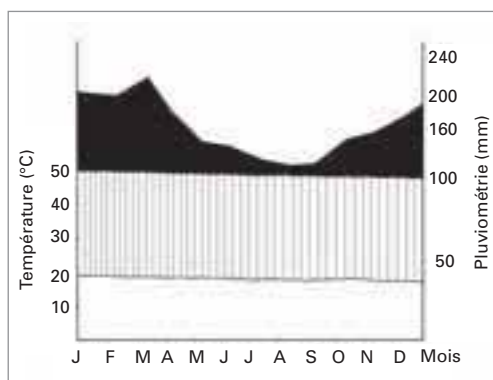


Diagramme climatique de la vallée de la Baliem (observation 1976-1995, Office de météorologie et de géophysique de Wamena).

fossés qu'il interprète comme une preuve de la présence d'agriculture dès 7 000 ans av. J.-C. sur les hautes terres de Papouasie Nouvelle-Guinée.

Les résultats issus de l'analyse du pollen sont très importants, car ils indiquent que dès le VIII^e siècle, il y a une apparition de plantes ayant une valeur économique comme *Casuarina* et *Pandanus*, ainsi que de plantes pionnières : *Celtis* et *Macaranga*. Le foisonnement de plantes pionnières peut être le fruit de l'aménagement d'un cycle de rotation jachères/cultures. La destruction de la végétation sur les pentes de montagnes, ces derniers siècles, est le résultat d'activités humaines destinées à l'installation de jardins. Aujourd'hui, on peut constater une dégradation importante des pentes qui cernent la vallée. Ces pentes nues subissent une érosion qui s'amplifie progressivement.

Comme nous le savons l'agriculture, traditionnelle est caractérisée par une productivité faible, mais surtout aléatoire et vulnérable ; de plus les techniques appliquées sont simples. Mais les techniques employées pour la culture de la patate douce sont bien adaptées aux conditions écologiques. Ces pratiques assurent une exploitation du milieu valorisant au mieux les conditions de l'environnement de la vallée de la Baliem et se montrent efficaces d'un point de vue agronomique. Elles sont également appliquées pour améliorer les conditions de vie de la population.

L'agriculture traditionnelle est essentiellement vivrière. Elle possède deux tendances évolutives qui se traduisent d'une part par la polyculture (culture associée de patate douce



© Y. Purwanto

Vue aérienne des jardins de patate douce et d'un village des Dani Baliem (Papouasie-Occidentale).

et de céréales et légumes) et d'autre part par le développement d'une monoculture concernant les plantes cultivées introduites. La dynamique interne de la région résulte de l'évolution des pratiques agricoles traditionnelles, nourrie par les capacités économiques de certains agriculteurs (Dani Baliem) acceptant de se moderniser.

L'augmentation des pressions économiques et la croissance démographique se traduisent par une diminution des cycles de jachère et un allongement du temps de culture. Une évolution plus que souhaitable dans un contexte d'augmentation constante de la population qui induit une raréfaction des terres disponibles. Dans la vallée de la Baliem, aujourd'hui, il apparaît impossible d'évoluer vers une extension spatiale du système, il est donc nécessaire de trouver un autre mode d'intensification. Pour cela, l'introduction de techniques agricoles plus performantes au niveau des rendements est la solution que proposent les programmes de développement mis en place. L'intervention de gens venus de l'extérieur peut stimuler cette dynamique interne.

Aujourd'hui, il existe de nouveaux types de jardins (*wen het*), dont les jardins de légumes. Ces jardins sont construits sur les anciens jardins de patate douce sur les terres bien drainées. La construction de ces jardins est proposée par le gouvernement. Pour la société Dani Baliem, ils sont considérés comme une nouvelle forme de jardin, car les plantes cultivées sont introduites et le mode de construction est complètement différent de celui de la patate douce, autrefois.

Il existe deux conséquences directes à la construction de ces jardins. D'un point de vue économique (objectifs du gouvernement), leur mise en place a pour but d'améliorer les revenus de la société Dani Baliem et la diversité des plantes alimentaires produites dans la vallée. Ses objectifs sont que les Dani Baliem deviennent des producteurs de différents pro-

duits alimentaires, capables de s'adapter aux nouveautés technologiques, à l'arrivée des migrants, avec lesquels ils devraient pouvoir entrer en compétition, et enfin, qu'ils améliorent leur niveau de vie. La deuxième conséquence est du

domaine écologique. La construction de nouveaux types de jardins implique des perturbations dans le système agricole traditionnel, car cette construction prend sur le temps de période de jachère des jardins de patate douce. Il en résulte, finalement, des jachères sur des périodes plus courtes.

La construction d'une rizière dans la vallée a pour objectif d'arriver à une exploitation des milieux périodiquement inondés et des zones marécageuses, afin de diminuer l'importation de riz dans la région de Wamena, d'améliorer les revenus de la société Dani Baliem, de diversifier l'alimentation, et d'introduire une nouvelle technologie. La culture du riz introduite dans la société Dani Baliem se développe très lentement. Depuis l'installation de la première rizière en 1977, la superficie des cultures de riz dans la région n'atteint que 150 hectares environs, ce qui est peu. Des problèmes sont apparus à la suite de la construction des rizières. Le plus grave est la pollution de l'eau venant de l'utilisation d'engrais chimiques et parfois d'insecticides. La première culture de riz effectuée dans la vallée par les autochtones s'est faite sans l'emploi d'engrais artificiels ni pesticides. À la culture suivante, la production s'est montrée plus faible à cause de la perte de fertilité du sol. L'apport d'engrais naturels (compost) et la mise en terre de tiges de riz ne se sont pas avérés suffisants. Les teneurs en nutriments essentiels, azote, phosphate étaient encore trop faibles pour que le riz ait une bonne croissance. Et à la troisième saison de culture est apparue une déficience importante en macro-éléments minéraux. Les engrais chimiques sont alors obligatoires.

Références

BRASS, 1941 ; HABERLE *et al.*, 1991 ; GOLSON, 1977 ; PURWANTO, 2002 a, b ; PURWANTO, 2004 ; PURWANTO *et al.*, 1990 ; PURWANTO *et al.*, 1992 ; PURWANTO *et al.*, 1995.

Les buttes à ignames au Vanouatou

Nomenclature

Les ignames appartiennent au genre *Dioscorea* qui abrite près de 600 espèces organisées en différentes sections, une trentaine sont comestibles et cultivées. Les espèces les plus importantes appartiennent à la section des *Eniantophyllum* (*D. alata*, *D. cayensis-rotundata*, *D. nummularia*). Plus de 90 % de la production mondiale est localisée dans cinq pays d'Afrique de l'Ouest : le Nigeria, le Bénin, le Togo, le Ghana et la Côte d'Ivoire mais c'est en Mélanésie que la consommation par habitant et par an est la plus importante (350 kg/ha/an d'après la FAO). C'est aussi dans cette région que la plante joue un rôle culturel fondamental et que l'on rencontre les rites les plus sophistiqués. Les différentes espèces d'ignames sont classées selon une taxonomie traditionnelle qui fait référence aux propriétés organoleptiques des tubercules (ignames « dures » ou « molles » selon leurs teneurs en matière sèche) puis, à l'intérieur de l'espèce principale (*D. alata*), les variétés sont classées selon l'apparence de leurs tubercules (ignames « courtes » ou « longues »). Les ignames dites « courtes » sont destinées à la consommation quotidienne et se cultivent sans grands soins alors que les ignames « longues » sont destinées aux offrandes et font l'objet de toutes les attentions.

Localisation géographique

Au Vanouatou, les producteurs ont mis au point diverses techniques horticoles destinées à produire des ignames cérémonielles à longs tubercules. Les îles hautes d'origine volcanique bénéficient de jeunes sols légers et très fertiles qui conviennent particulièrement bien à la culture de la grande igname (*D. alata*). Malgré la diversité culturelle de cet archipel (près de 111 langues sont recensées), ces techniques ne sont pas l'apanage d'une île ou d'une communauté mais existent au contraire dans presque toutes les grandes îles. Les diverses communautés sont aussi unanimes pour fixer les canons de beauté attribués à cette prestigieuse offrande : un long tubercule régulier dont la peau uniforme est lisse et la chair la plus blanche possible. La longueur acceptable pour un tubercule cérémoniel varie de 1 à 2 m. Il est bien entendu que sans certaines techniques particulières, la plante n'est pas capable de produire de tels organes de stockage.

Les systèmes de culture à base d'ignames se trouvent essentiellement dans les zones sèches, de basse altitude ou sous les vents dominants (les alizés). On trouve dans chaque île des zones favorables à la culture des ignames et d'autres qui au contraire, lui sont défavorables. Les régions trop humides sont propices au développement de l'antracnose, la principale maladie des ignames. Elle est causée par un champignon (*Colletotrichum*

gloeosporioides) qui détruit les lianes et réduit considérablement les rendements.

Conduite technique

Chez les ignames comme chez les autres plantes à racines et tubercules, on observe une remarquable variabilité morphologique de la partie utile de la plante : son organe de stockage souterrain. Cette variabilité s'exprime en de belles formes et couleurs qu'on rencontre rarement chez les espèces sauvages apparentées (*D. nummularia*, *D. transversa*). Chez les cultivars, le volume de ces organes est considérable, la surface de l'épiderme est beaucoup plus douce et la chair est souvent d'un blanc franc ou de couleur attrayante, alors que les génotypes primitifs ont une chair terne s'oxydant rapidement. La domestication a considérablement amélioré ces caractères : la quantité de fibres présente dans les organes souterrains décroît alors que la proportion relative d'amidon augmente, la spinescence de la tige et des racines qui coiffe les tubercules diminue, la taille de l'appareil végétatif est réduite.

La domestication des ignames fait intervenir trois étapes : la sélection, la modification du milieu et le rajeunissement annuel par voie végétative. La sélection a visé les cultivars capables de développer des caractères gigas qui correspondent à de très hauts niveaux de ploïdie. Les grandes ignames cérémonielles sont des octoploïdes (80 chromosomes) alors



© A. Walter

que les ignames courtes, dont les tubercules sont ronds et compacts, sont des tétraploïdes (40 chromosomes). Contrairement aux plantes cultivées pour leurs organes sexuels (fruits et graines), la domestication des ignames, comme d'ailleurs celle des autres plantes à racines et tubercules, modifie le milieu où est cultivé le génotype, c'est-à-dire le sol. Une igname sauvage pousse difficilement dans un sol compact de sous-bois, certes riche en matière organique, mais dont la texture dure et dense freine la croissance. Les rendements sont bas. Par contre le cultivar, qui souvent n'est qu'un clone d'une igname sauvage, pousse mieux et donne de meilleurs rendements dans un milieu de croissance amélioré. Ce sont la trouaison et la confection de la butte qui *améliorent* l'environnement et donc le rendement final de la plante.

Mais ce rendement résulte aussi de facteurs épigénétiques, ainsi nommés parce qu'ils dépendent de facteurs non génétiques, tels que le poids de la semence mise en terre. Plus celle-ci est lourde et plus elle contient d'éléments nutritifs nécessaires à lancer la croissance aphyllée des tiges vers leurs tuteurs. Ce n'est que lorsque la plante devient autotrophe qu'elle développe ses racines, souvent très loin du collet basal (jusqu'à plus de 4 mètres). Le poids de la semence est déterminant car, chez les ignames, le rendement final est aussi dépendant de la superficie de la canopée exposée aux radiations solaires. Une grosse semence a donc plus de chance de développer une grande canopée et donc *in fine* de forts rendements.

Une fois la canopée bien développée, la plante va stocker des éléments nutritifs dans son organe souterrain. Elle va donc gonfler son tubercule comme un ballon de baudruche, d'autant plus facilement que la résistance du sol est moindre et sa fertilité élevée. Le pro-

Buttage des ignames courantes au Vanouatou.

ducteur l'a bien compris et la confection des grosses buttes vise deux objectifs : l'un est de rassembler sur une unité de surface donnée un sol très riche en matière organique qui permet une croissance vigoureuse et l'autre est de confectionner au sein de la butte un puits de croissance dans lequel le tubercule va descendre et se développer avec le moins de résistance possible. Si une trouaison de près d'un mètre a été faite et si la butte fait plus d'un mètre de haut, on peut espérer récolter des tubercules de près de deux mètres de long. En fait, l'érosion de la butte pendant le cycle végétatif réduit un peu ce pronostic. D'où l'importance de la profondeur de la trouaison autant que de la hauteur de la butte, seule face visible de l'iceberg.

La trouaison se fait au pieu ou, de plus en plus, à la pelle à igname qui est un outil présentant une longue lame de 6-8 cm de large à sa pointe et de 10 à 15 cm de large à sa base pour une longueur de 40-50 cm de long. Cette lame en acier trempé permet de trouser très profondément les sols riches et légers. Les trous sont ensuite remplis de matière organique (herbes et pailles diverses) puis la butte est confectionnée en rassemblant au-dessus du trou l'horizon organique humifère qui est raclé à la main ou à la pelle sur un rayon d'environ 2 m. Le sommet de cette butte très riche en éléments nutritifs, se situe alors entre 1 et 1,20 m de hauteur. Les producteurs peuvent rarement confectionner plus d'une trentaine de buttes par journée de travail, tant celui-ci est exigeant.

Une fois la butte terminée, la semence est installée légèrement en biais, avec la partie distale (le bas du tubercule) exposée à l'air libre et la partie proximale présentant les bourgeons et méristèmes racinaires, enfoncée à environ 10 cm de profondeur, à l'entrée du puits de croissance. Les savoirs traditionnels prétendent que le réchauffement du semenceau (partie exposée à l'air) provoque un démarrage plus rapide des bourgeons. Les tiges et les racines vont donc croître en directions opposées pour donner le plus rapidement possible de la vigueur au plant d'igname qui restera fonctionnel environ 7-8 mois. Le confectionneur de grosses buttes a donc tout intérêt à installer de longs tuteurs pour permettre le bon développement en hauteur des tiges de cette plante héliophile. Dès les 3-4 premiers mois, l'appareil végétatif est totalement développé et le stockage commence.



© D. McKey

La récolte de telles pièces d'art demande beaucoup de temps et doit se faire très soigneusement pour éviter de briser les longs tubercules. Elle peut durer plusieurs heures. Une fois le tubercule totalement récolté et nettoyé, c'est-à-dire débarrassé du chevelu racinaire, il est frotté à la main pour ôter le sol et emballé dans un panier en feuilles de cocotiers. Si sa longueur est exceptionnelle, il sera utile de lui confectionner des attelles pour lui éviter de se briser.

Il est possible de faire une opération « inverse » à la domestication et à cette culture sophistiquée, en installant un cultivar cérémoniel dans des conditions de préparation de sol quasi nulles en le laissant se développer, entrer en dormance et se développer à nouveau pendant trois ou quatre cycles annuels avant de le récolter sans lui attribuer de soins particuliers. Les caractéristiques de son organe souterrain seront très éloignées de celles du cultivar de départ. Le fait que le plant vieillisse physiologiquement et que les conditions de croissance du tubercule soient défavorables induit des caractères morphologiques délétères même si ceux-ci ne sont pas contrôlés génétiquement puisqu'il s'agit bien du même clone. Les échappés de culture présentent des caractères tellement peu améliorés qu'il est parfois facile de les prendre pour de vraies formes sauvages.

C'est donc la combinaison d'un génotype (la variété), d'un environnement artificiel, d'un rajeunissement annuel et d'une lourde semence qui fait une belle igname. Le nombre de facteurs en jeu est important et leur maîtrise fait appel à des savoir-faire qui tendent à disparaître.

Buttes d'ignames sur l'île de Tanna, Vanouatou.

Histoire et société

Contrairement aux céréales, il n'est nul besoin d'inventer la poterie pour consommer des tubercules. Ceux-ci, riches en eau, peuvent être aptes à la consommation après avoir été rôtis directement sur les cendres. Les plantes à racines et tubercules sont donc certainement parmi les premières plantes à avoir été consommées et domestiquées même s'il est impossible d'en préciser la date. Les ignames ont une importance considérable pour les sociétés mélanésiennes (et africaines) parce qu'elles bénéficient d'une horloge biologique interne (l'alternance entre la dormance du tubercule et la croissance végétative de la liane) que n'ont pas les autres plantes cultivées dans la zone tropicale humide (bananiers, aracées, patates douces, etc.). Le rythme biologique de l'igname est utilisé par les sociétés qui la cultivent pour rythmer le calendrier, aussi les cérémoniels de récolte et de plantation sont nombreux et importants.

Dans beaucoup de communautés la grande igname cérémonielle est un symbole masculin et, en tant que telle, elle a été autrefois cultivée par les hommes alors que les ignames courtes sont plutôt cultivées par les femmes. Certains hommes particulièrement talentueux deviennent des spécialistes renommés de cette culture en exhibant en public, au cours de cérémonies particulières, des ignames de deux mètres ou

plus. En dehors de ces manifestations de prestige, destinées à révéler les plus longues ignames de l'année et leur producteur, ce type d'igname est offert à la naissance d'un enfant, au cours des mariages, en offrande à la messe, lors des funérailles et même au défunt longtemps après sa mort. La nécessité de produire les ignames pour satisfaire à ces obligations sociales a, pendant longtemps, assuré le maintien des techniques particulières de production.

En Mélanésie, de nos jours, cette plante exigeante devient vulnérable parce qu'étant incapable de s'adapter aux rapides changements environnementaux du fait de l'asexualité de son mode de multiplication, elle tend à céder sa place à d'autres plantes récemment introduites et plus rustiques telles que le manioc (*Manihot esculenta*), le macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) et la patate douce (*Ipomoea batatas*). De même, sa culture exigeante en temps de travaux, rend les tubercules onéreux dans des économies en voie de monétarisation rapide. Par rapport au poids de matière sèche produite et consommable par unité de surface, l'igname coûte très cher, bien plus cher que le manioc ou le riz importé. La place prédominante qu'elle avait dans les régimes alimentaires au début du siècle tend à décroître avec l'élévation du niveau

de vie comme en Nouvelle-Calédonie par exemple, où les ignames sont désormais consommées à l'occasion de fêtes ou de réunions familiales, cédant la place au riz et au manioc pour la base de l'alimentation quotidienne. On continue néanmoins à cultiver les grandes ignames pour des raisons sociales mais ces dernières tendent également à perdre de leur importance. Sans disparaître totalement, la longue igname raccourcit et les techniques de confection de la butte et de la trouaison se simplifient. Si cette tendance est généralisée dans la plupart des pays producteurs, on voit apparaître au Vanouatou et aux Tonga le développement d'un marché dit de niche pour de très grandes ignames destinées à être offertes mais que les urbains ne peuvent plus produire eux-mêmes. Des agriculteurs se spécialisent dans ce marché fort lucratif qui vise une clientèle aisée des villes qui ne souhaite pas perdre ses traditions mais qui s'est déjà déconnectée du milieu rural ou qui trouve plus pratique d'acheter ces belles offrandes destinées à des obligations sociales.

Références

BARRAU, 1956, 1962 ; COURSEY, 1976 ; DEGRAS, 1986 ; LEBOT *et al.*, 1998 ; MALAPA *et al.*, 2005.

La culture de la coca, une plante andine d'usage millénaire

Nomenclature

La coca appartient au genre *Erythroxylum* qui se rattache à la famille des Erythroxylaceae et comprend près de 200 espèces natives d'Amérique centrale et du Sud. Parmi elles, la plus connue est *E. coca*, une plante utilisée et cultivée traditionnellement par les populations de l'arc andin depuis la Colombie jusqu'à la Bolivie. Son nom local possède de nombreuses variantes (*hayo* au Nicaragua et *naase* en Colombie), et son appellation actuelle qui fut donnée par les textes coloniaux espagnols paraît dériver de la langue de l'ethnie aymara du sud du Pérou et du nord de la Bolivie, *kkokka* qui signifie arbre.

Description de la plante de coca

Elle ressemble aux arbres épineux communs dans la brousse des vallées andines de moyenne altitude et atteint une hauteur variable entre 1,50 mètre et plus de 2 mètres selon les zones écologiques. Les branches sont droites, portant des feuilles de couleur verte, minces, opaques, ovales et traversées par une nervure centrale et deux autres qui sont courbes et convergentes de la base à la pointe de la feuille. Le fruit de la coca a la forme d'une gousse rouge allongée.

Les fleurs sont menues, groupées sur des tiges courtes ; la corolle est constituée de cinq pétales jaunâtres, avec des anthères en forme de cœur, avec un pistil formé de trois carpelles soudés qui constituent un ovaire à triple alvéole.

Erythroxylum coca (Lam. 1786)

Règne Plantae

Division Magnoliophyta

Classe Magnoliopsida

Ordre Linales

Famille Erythroxylaceae

Genre *Erythroxylum*

Localisation géographique

La distribution géographique de la coca épouse les contreforts orientaux de la chaîne orientale des Andes qui se dresse face au bassin amazonien. Son milieu de prédilection se trouve en climat subtropical humide des vallées tièdes, avec une altitude comprise entre 500 et 1 800 m. Son milieu optimal en Bolivie se situe dans les Yungas selon l'étymologie aymara, les vallées chaudes du sud-ouest du département de La Paz, où le climat présente un minimum moyen de température de 18,3 °C, avec un régime hygrométrique de 1 242 mm de précipitation annuelle.

En Bolivie, on distingue principalement trois variétés de *coca* propres à la consommation. Elles portent les noms de *coca Paceña* (cultivée dans les Yungas), *coca Bandiola* (au large feuillage, cultivée entre Cochabamba et Sucre, après Mizque) et *coca Totora*, aussi appelée *coca* du Chapare. La *coca Paceña*, aux feuilles d'un beau vert vif est, traditionnellement, la plus prisée, au contraire de celle du Chapare.

Le Chapare se situe dans le centre-nord de la Bolivie, où il présente un milieu naturel dominé par un couvert forestier qui est typique d'un climat subtropical marqué par d'abondantes précipitations. La superficie de cette province est de 24 500 km². Cette région est bordée au sud par un chaînon des Andes orientales, la rivière Sécuré à l'ouest, et par les rivières Ichilo et Mamoré à l'est. Quatre cours d'eau traversent, du sud au nord-est, la région.

On peut diviser le Chapare en trois ensembles géographiques. La partie haute est composée de la barrière des piémonts et de collines basses et couvre 13 % du total. Elle est couverte d'une forêt tropicale dense entrecoupée de petites vallées et de torrents.

La partie centrale est formée par une plaine alluviale, de superficie égale à la partie haute, formée de terrasses hautes disposant d'un bon drainage et constitue le prolongement des piémonts. Traversée par des rivières importantes, cette partie est la plus fertile du Chapare.

Le dernier secteur géographique est constitué de terrasses basses soumises à une inondation quasi permanente. Il est couvert de sédiments détritiques apportés par une forte érosion due à l'importance des précipitations. La forêt couvre les trois quarts de la province, les pluies, en effet, varient selon les zones de 2 800 mm à 5 500 mm.

Le Chapare : terre d'accueil des mineurs licenciés et paysans pauvres de l'Altiplano

Le Chapare représente un excellent exemple des terres de colonisation de la nouvelle frontière agricole. En effet, en 1976, à peine 6 % de la superficie provinciale était consacrée à l'agriculture, dont 39 % en bananes plantain, 32 % pour les agrumes, 20 % pour le riz. S'y ajoutaient les coupes de bois avec 30 000 m³ par an. Les petits hameaux étaient isolés et ne disposaient d'aucun service de base et la situation sanitaire y était déplorable, avec des taux très élevés de mortalité des enfants comme des adultes imputables à la mauvaise qualité de l'eau.

La population totale était estimée à 40 000 personnes, formée en partie de migrants quechuas venus de l'Altiplano (entre 3 600 m et 4 100 m d'altitude), de quelques noyaux d'Aymaras et de moins d'un millier d'Indiens nomades repoussés dans les zones forestières denses du parc Isiboro-Sécure où ils sont maintenant confrontés à l'avancée de ce véritable front mouvant de la feuille de coca.

Le boum de la coca a porté, selon les estimations, la population à environ 150 000 personnes venues en majorité des zones minières de l'Altiplano en crise à partir de 1984-1985 et renforcées par des contingents de paysans andins pauvres. La culture de la coca, appuyée initialement par les cartels colombiens, devait trouver un terrain d'élection dans la région du fait d'une

situation de non-droit facilitée par l'isolement et la quasi-absence de contrôle des pouvoirs publics. Au plus haut, avant l'application des mesures d'éradication, on estimait entre 50 000 et 90 000 hectares l'emprise de la coca illégale qui était cultivée et ensuite transformée en cocaïne dans des laboratoires clandestins situés au Beni et à Santa Cruz. Malgré les mesures de répression accompagnées de campagnes pour encourager la culture de produits de substitution, la coca a résisté jusqu'à maintenant. En effet, son rapport monétaire, payé directement en dollars par les trafiquants, est sans commune mesure avec le travail et les revenus issus des cultures « vertueuses » (1 000 dollars par récolte sur un *cato* de coca de 0,20 hectare, avec la possibilité d'obtenir de trois à quatre récoltes annuellement).

Conduite technique

Sa culture obéit dans ses modalités techniques à quelques variantes régionales en fonction des milieux physiques. Au moins deux techniques existent pour la cultiver. En général, elle se sème en pépinières acceptant tous les genres de sol, mais exigeant un travail systématique d'entretien par désherbage autour du pied de la plante.

Après avoir ameubli le sol en ôtant les pierres superficielles, on arrose la plante puis on la couvre de paille. On construit un abri couvre-soleil si elle se développe sans ombrage, mais pour échapper à la détection par satellite ou avion, les cultures illégales sont en général occultées sous ombrage, voire mélangées à d'autres plantations. Quand la plante atteint 25 cm, on la transplante dans un terrain déjà préparé et débarrassé d'herbes et de cailloux. Avec des pierres ou de la terre, on édifie des plates-formes rehaussées et rectangulaires, sortes de tables, qui circonscrivent les aires de plantation qu'on nomme *camellones*, et qui de loin donnent un aspect d'alternances de bandes parallèles où se cultive la coca.

Le second type de culture, propre au Yungas a été décrit par un naturaliste italien, Luigi Balzan (décédé en 1893).

Les Yungas dans le département de La Paz et le Chapare dans le département de Cochabamba, zones de prédilection de la coca en Bolivie.





© IRD/A. Fournet

Il s'agit d'une culture en fosse ou ados (*waru waru*, en aymara), la plante étant protégée par les parois du sillon tracé. Avec des pierres ou de la terre, on édifie des plates-formes rehaussées et rectangulaires qui circonscrivent les fosses de plantation : elles s'appellent des *camellones* et ce sont elles qui de loin produisent un aspect de terrain strié de bandes ou de rayons où se cultive la coca. On transplante dans ces fosses les petits plants qui ont 25 cm de haut.

Dans le Chapare, selon le type de terrain, la plante est mise en place sur la terrasse de terre qui a été édiflée, et qui est traversée par de petits fossés assurant l'écoulement des eaux de ruissellement. La table de plantation se nomme en Bolivie *corte* et peut atteindre une surface de 8 m². La reproduction se fait soit par bouturage, soit par graines. Dans les cultures traditionnelles, la culture de la coca se fait sans apport d'engrais.

La récolte débute selon les milieux un à deux ans après la plantation, par ablation des feuilles sans casser les bourgeons. Cette récolte a lieu trois à quatre fois l'an dans les zones les plus chaudes et elle est assurée par les hommes qui ont remplacé les femmes à cause des opérations de police. Les sacs de feuilles sont acheminés vers des hangars où on procède au séchage. Les opérations de conditionnement sont longues et minutieuses car la qualité du produit en dépend.

La durée de vie de l'arbuste est variable, de 35 à 40 ans avec un optimum productif de 30 ans.

Vallée des Yungas (département de La Paz, Bolivie).

Il est à noter que récemment on a découvert en Colombie, lors d'opérations d'éradication de la coca, une nouvelle variété transgénique obtenue à partir de manipulations génétiques et qui présente une teneur quatre fois supérieure en cocaïne à celle de l'espèce cultivée traditionnellement.

Aspects pharmaceutiques et usages industriels

La pharmacologie a déterminé que la coca est riche d'un alcaloïde – la cocaïne – qui se rencontre dans une proportion de 0,2 % dans les feuilles fraîches ; la plante comporte aussi 14 alcaloïdes dont une partie a un effet salutaire sur l'organisme notamment en zones de hautes altitudes, avec la papaïne, la higrine, la benzoïne, la pectine, la pyridine ou la globuline entre autres. Lorsqu'elle est mâchée, la coca agit comme un stimulant, un coupe-faim et soif et combat la fatigue.

La coca est utilisée par l'industrie des cosmétiques comme pour la fabrication d'une boisson bien connue, ce qui donne lieu à une petite exportation vers les États-Unis (115 tonnes/an). Des savons, des tisanes, des baumes, des huiles essentielles sont produits en Bolivie à partir



© IRD/C. Dejoux

de la feuille de coca et cherchent un difficile débouché international. La novocaïne, un anesthésique, est issue de la plante de coca.

Champs de coca en terrasses à différents stades de cultures.

Histoire et société

La présence de la coca est séculaire dans les Andes où elle est attestée en Bolivie dès l'apparition de la civilisation de Tihuanaco et des cultures du lac Titicaca, soit environ 1500 av. J.-C., tandis qu'au Pérou l'archéologie atteste maintenant de son usage apporté des Yungas vers 2 000 à 2 500 ans. La coca fait toujours l'objet d'échanges actifs entre les vallées tempérées qui forment son milieu natif et les hautes terres de l'Altiplano.

Durant la courte époque de l'extension de l'empire inca sur le Collasuyu (Bolivie andine actuelle), elle fut cultivée dans les Yungas de La Paz et dans la périphérie de l'actuelle ville de Cochabamba. Son usage apparaît courant dans les sociétés précolombiennes, notamment comme analgésique utilisé lors des opérations de trépanation crânienne. Outre ses usages en médecine traditionnelle, elle jouait aussi un rôle de premier plan dans les pratiques magiques d'usage divinatoire et religieux. Pour certains auteurs, elle était réservée à l'élite religieuse et princière du régime inca et sa consommation par le peuple était réglementée, car réservée aux seuls jours de grandes fêtes ou cérémonies. Néanmoins, dans les Yungas, le tribut était payé en paniers de coca, système que les Espagnols maintien-

dront ensuite, avec un contingentement des surfaces cultivées. Selon John Murra, dans le cadre du système andin de mise en valeur des seuils écologiques, la coca circulait normalement entre les vallées et les villages de la Puna où elle faisait partie des produits indispensables. Le moine Ortiz, au XVIII^e siècle, confirme ses vertus curatives utilisées jusqu'à nos jours par les *kallawas* ou sorciers et guérisseurs des Andes. Joseph de Jussieu a ramené les premiers plants en Europe en 1750, puis Lamarck assura, en 1783, sa classification. Ensuite survint par étapes l'isolement de son alcaloïde qui fournit la cocaïne classée comme stupéfiant d'usage dangereux.

Les Espagnols eurent une double attitude face à l'utilisation de la coca. D'une part, ils condamnèrent son utilisation liée à des pratiques païennes et à l'idolâtrie qu'ils s'efforcèrent d'éradiquer dans les mentalités car elles faisaient obstacle à la diffusion d'une christianisation imposée ; d'autre part, avec la découverte des fabuleuses mines d'argent de Potosi, ils découvrirent que seuls les Indiens étaient aptes au travail dans les mines situées à plus de 4 000 mètres d'altitude, mais à condition qu'ils soient ravitaillés en coca utilisée comme coupe-faim et adjuvant de l'effort physique soutenu. Aussi laissèrent-ils les *cocales* des



© IRD/C. Dejoux

Yungas ravitailler en feuilles les sites miniers, mais ils interdirent sévèrement ses autres usages traditionnels incompatibles avec la répression de l'hérésie. La coca reste pour sa consommation soit rituelle et magique, soit médicinale, l'apanage des paysans et mineurs andins tout au long de l'histoire ; elle est consommée soit en infusion ou maté, soit sous forme de boule mastiquée (*acullico*).

Le paysan ou travailleur, en général d'origine indienne, porte autour du cou un petit sac, la *chuspa*, contenant sa provision journalière de feuilles de coca et un complément de poudre de chaux dont il adjoint une petite quantité avec les feuilles qu'il mâche, ce qui active la libération des alcaloïdes.

Un véritable boum de la coca s'est installé en Bolivie à partir des années 1970, favorisé par la crise économique profonde du pays, le recul de l'État et la misère du petit paysannat andin. Le Chapare, une région de forêts humides dépeuplées, reçut des groupes de migrants encadrés par des Colombiens des cartels de Cali et de Medellin qui donnèrent une formation technique aux paysans andins qui découvrirent qu'avec un travail limité, la coca est d'un excellent rapport économique. Les cultures illégales de coca – car ses plantations étaient restées jusque-là limitées à la région des Yungas – s'envolent alors, passant de 4 450 hectares en 1970, à 92 000 au moins en 1990. Il est à noter que la coca du Chapare est peu recherchée par les consommateurs traditionnels qui l'estiment de qualité inférieure à celle des Yungas. Sur les

Culture de coca en zone forestière dans le Chapare, plus grande région de production de Bolivie (département de Cochabamba).

sites de production se greffent les réseaux de transport des feuilles vers des laboratoires clandestins, puis d'exportation de la cocaïne vers les pays voisins. On estimait au plus haut, la production de cocaïne entre 400 et 450 tonnes l'an en Bolivie, actuellement elle aurait chuté, mais les données sont contradictoires, à 110-120 tonnes par an. Il est à noter que le traitement des feuilles de coca pour obtenir la pâte, base qui sert ensuite à la fabrication de la cocaïne, entraîne une utilisation massive de produits chimiques, ensuite déversés dans les rivières et qui contribue à la grave détérioration du milieu écologique.

Pressés par les États-Unis et la communauté internationale d'assurer l'éradication de la coca, les gouvernements boliviens ont pris des mesures de plus en plus sévères de répression. Elles ont été très mal perçues par l'opinion car les bénéfices importants du circuit coca-cocaïne irriguent l'ensemble de l'économie bolivienne. Dans ses plus belles années, début de 1990, la coca-cocaïne assurait la survie économique de 300 000 *cocaleros* avec leurs familles (soit 6 % de la population du pays) et contribuait entre 50 à 65 % du PIB selon les estimations.

Plan de coca avant la récolte des feuilles, en culture sur champs.

Si, à la fin des années 1990, la lutte antidrogue a obtenu des résultats positifs, ils sont fragiles et toute une activité clandestine se poursuit actuellement, aggravée par la dimension politique nationale que prend le devenir de la coca. Aux dernières élections présidentielles de 2001, le parti de la coca (Mouvement vers le socialisme ou MAS) a obtenu 21 % des voix et s'est placé en position d'arbitre. En octobre 2003, il a soutenu le soulèvement contre le président en place qui a été forcé au départ, puis après une courte collaboration a obligé le nouveau président Carlos Mesa à démissionner à son tour en juin 2005. Il a néanmoins obtenu du nouveau président intérimaire le droit de culture d'un *cato* de coca par famille de *cocaleros*, mesure qui a soulevé l'opposition des États-Unis. Si un président de la république d'origine *cocalero*, Evo Morales, a été élu quasi triomphalement le 18 décembre 2005, il se trouve aujourd'hui confronté aux réalités internes comme externes liées à la culture de la coca, comme à ses promesses de libération de cette activité. Jusqu'ici, les premières mesures prises paraissent maintenir le cadre juridique et répressif existant.



© IRD/C. Dejoux

Références

BALZAN, 2007 ; BRACK, 1999 ; DORY et ROUX, 1998 ; LASERNA, 1995 ; MORTIMER, 1901 ; RUBIO ROMERO, 1988.

Les vignes de Lanzarote

Nomenclature

La viticulture de Lanzarote est remarquable. Elle se déploie sur des sols volcaniques noirs et chaque cep de vigne planté au fond d'un trou conique est protégé par un muret en forme de croissant. Dominé par des dizaines de cônes volcaniques, le paysage nu apparaît comme une succession d'écailles pierreuses encerclant, de façon pointilliste, les seules touffes vertes du feuillage des ceps. Les feuilles tombées, le paysage hivernal ressemble avec ses impluviums à un terrain bombardé où flottent les flammèches et fumées des sarments, brûlant pour améliorer le sol de leurs cendres, le tout dans une noire poussière levée par l'alizé.

Localisation géographique

Lanzarote est l'une des sept îles des Canaries, l'archipel espagnol au large de l'Afrique. C'est son île la plus orientale et donc la plus proche du désert saharien et elle est parmi les plus sèches, les pluies venant de l'ouest, de l'Atlantique en général.

Elle est volcanique et elle a subi de 1730 à 1736, la plus longue éruption de l'histoire contemporaine. Les volcans aujourd'hui éteints sont de type hawaïen avec de grandes coulées de lave basaltique qui s'épanchèrent sur 400 km² avant de se perdre en mer. La dernière éruption, bien moins importante, eut lieu en 1824. Tant et si bien qu'aujourd'hui le quart

de l'île est encore stérile car recouvert de pierres ponce, mais surtout de lapilli (*picón*) et de matériel basaltique, sur une épaisseur variant de 20 cm à plus de deux mètres.

Le climat est doux, mais très peu pluvieux avec une pluviométrie annuelle avoisinant seulement 150 mm qui s'exprime avec des pluies d'hiver souvent torrentielles. L'évaporation est intense, favorisée par des vents constants. Ce climat rend l'agriculture fort aléatoire. Néanmoins, les paysans ont mis au point un système original de culture pour établir, dans cet environnement aride, le vignoble de Geria, l'un des plus prestigieux d'Espagne, avec son fameux muscat (*moscatel*).

Comme nous l'avons vu plus haut, le paillage lithique est utilisé dans d'autres endroits du monde, c'est aussi le cas au Yémen pour le caféier. L'utilisation d'une couverture de cailloux



Aux Canaries, l'île de Lanzarote connaît la vigne depuis le XVI^e siècle.





© A. Gioda

pour prévenir l'érosion du sol et améliorer la qualité des vignobles a également été documentée en Suisse (Chamoson) (NACHTERGAELE *et al.*, 1998). La viticulture de Lanzarote associe des lapilli à un impluvium où est collectée aussi l'eau abondante des brumes marines et de la rosée.

Conduite technique

Chaque pied de vigne est planté au centre d'une dépression conique de façon à ce que le système racinaire atteigne le sol, sous la couche de lapilli. Les grosses pierres basaltiques sont utilisées pour construire, sur les bords de la dépression, un muret en arc de cercle, dont la hauteur atteint 70 cm. Les ceps de vigne sont espacés en moyenne de 4 mètres. La couche de *tephra* (charbon) joue le rôle d'un paillage minéral et réduit ainsi l'évaporation d'une eau rare, qu'elle concentre. De plus, les pierres poreuses, les lapilli, s'imbibent des maigres pluies qu'elles retiennent et les flancs inclinés du cône dirigent le ruissellement vers les ceps de vigne dont ne dépassent guère que les branches et les grappes de raisin de l'année. Des études récentes (TEJEDOR *et al.*, 2003 et DÍAZ *et al.*, 2005) ont montré que cette couche protectrice permet de retenir huit fois plus d'eau que le sol non couvert et diminue l'évaporation de 92 % lorsque son épaisseur atteint 10 cm. Les murets protègent, quant à eux, le feuillage de l'année et surtout les raisins des alizés, qui balayent l'île presque en permanence.

Histoire et société

Les îles Canaries ont été peuplées dès 200 avant J.-C. par les Guanches, sans doute

Vue générale du vignoble de la Geria à Lanzarote en hiver. Des cratères faits par les hommes occupent tout le paysage. Les sarments dépassant du sol ont été brûlés *in situ* après la vendange et la chute des feuilles. Leurs cendres fertilisent chacun des cratères du vignoble.

d'origine berbère. Connues des Phéniciens, oubliées puis redécouvertes par les conquistadors à la solde du roi de Castille au ^{xv}^e siècle, les îles ont connu les guerres entre les Portugais et les Espagnols qui se disputaient leur possession. Elles ont définitivement été reconnues espagnoles en 1479, par le traité d'Alcáçovas. Elles ont dû subir plus tard les incursions anglaises, marocaines, hollandaises et ont fini par acquérir leur autonomie en 1978. Les Guanches avaient depuis longtemps été massacrés ou assimilés par le sang espagnol.

La viticulture a commencé dès le ^{xvi}^e siècle aux îles Canaries surtout pour ravitailler les bateaux qui faisaient escale dans l'archipel, avant de se rendre aux colonies américaines en zone tropicale qui est peu favorable à la culture de la vigne. Elle est un peu plus tardive à Lanzarote qui est finalement devenue une appellation d'origine pour une douzaine de crus renommés. Toutefois, à côté de l'exportation de vins (vins blancs de malvoisie et de muscat, et vins rouges) et des bananes, les Canaries vivent aujourd'hui principalement du tourisme. Agriculture et pêche sont devenues, surtout la seconde, marginales à Lanzarote où son animal emblématique, le dromadaire uti-



© A. Gioda

lisé pour les labours, a presque disparu. À l'agriculture vivrière traditionnelle, s'ajoute une petite production de fruits (agrumes, pêches, figues de barbarie), de légumes (tomates, oignons, pommes de terre) et de plantes à haute valeur ajoutée (tabac, figuier de barbarie à cochenille et maintenant la plante succulente *Aloe vera*).

Compte tenu de la stérilité des laves volcaniques dans la plupart des localités (mauvais pays), toutes ces cultures sont pratiquées sur des sols atmosphériques ou constitués de particules apportées par les vents. Ce sont soit des lapilli (*picón*), mais, à la différence du vignoble de Geria, ils ont été mis en place par l'homme qui les a patiemment transportés à Yaiza, Tijano et Haria pendant deux siècles, après la fin de la grande éruption de 1730-1736, soit encore des sols d'origine éolienne (*jable*), face au Sahara qui est leur pourvoyeur, autour de San Bartolomé.

Le présent

La viticulture de Lanzarote a bénéficié du travail de l'artiste César Manrique (1919-1992), revenu sur son île natale. Apôtre du Land Art, Manrique considérait le paysage, spécialement celui de Lanzarote, comme une œuvre d'art et il a cherché par des interventions ciblées à le valoriser. La plus emblématique de ses œuvres, nombreuses sur toute l'île, est, en son centre géographique, le monument à l'agriculteur où celui-ci est sculpté de façon

Pied de vigne : le cep est enterré et seuls les sarments, les feuilles et les fruits sont à l'air libre. Ce mode de culture est typique des îles Canaries et aussi de celles du Cap-Vert comme à Fogo.

cubiste entre son âne et son dromadaire. Cette sculpture monumentale en béton, appelée « Fécondité », reste l'un des rares hommages à l'agriculture traditionnelle qui atteigne une valeur universelle au ^{xx}e siècle, une époque favorable à l'éloge de la haute technologie et de la modernité.

De même l'alizé, quasi permanent sur l'île, a été mis en scène aux principaux carrefours par des mobiles, dans un esprit proche de celui du sculpteur américain Calder. Quelques 15 ans après la mort de Manrique, c'est tout un parc à éoliennes qui alimente partiellement l'île de façon écologique, tandis que la visite du vignoble de Geria complète harmonieusement celle de la fondation Manrique, toute proche.

Références

ACOSTA BALADÓN, 1974 ; DÍAZ *et al.*, 2005 ; NACHTERGAELE *et al.*, 1998 ; SALGUERO, 1988 ; TEJEDOR *et al.*, 2003 ; www.fcmanrique.org (voir www.cesarmanrique.com : Sculpture dont « Fecondidad » et aussi Wind Toys).

Bibliographie

- ABDELKDAIR A., SCHULTZ R. C., 2005
Water harvesting in a runoff-catchment agroforestry system in the dry lands of Ethiopia. *Agroforestry forum*, 63 : 291-298.
- ABÉ Y., 1995
Serres à riz en Asie. Essai de typologie. Paris, Masson.
- ACHOURI M., 1994
« Small scalewater harvesting in Tunisia. »
In : FAO, Consultation d'expert, Le Caire, 21-25 novembre 1993, *Water harvesting for improved Agriculture production* : 87-97.
- ACOSTA BALADÓN A. N., 1973
Cultivos en arenas. Servicio Meteorológico Español.
- ACOSTA BALADÓN A. N., GIODA A., 1991
L'importance des précipitations occultes sous les tropiques secs. *Sécheresse*, 2 (2) : 132-135.
- ADAMS R. M., 1981
Heartland of cities : surveys of ancient settlement and land use of the central floodplains of the Euphrates. Chicago, University of Chicago Press.
- ADDERLEY W. P., SIMPSON I. A., LOCKHEART M. J., EVERSHERD R. P., DAVIDSON D. A., 2000
Modeling Traditional Manuring Practice : Soil Organic Matter sustainability of an Early Shetland Community. *Human Ecology*, 28 (3) : 415-431.
- AGARWAL A., NARAIN S., 1997
Dying Wisdom-Rise, fall and potencial of India's traditional water harvesting systems. New Delhi, Centre of Science and Environment, State of India's Environment Report 4.
- ALAYA K., VIERTMANN W., WAIBEL T., 1993
Les Tabias. Tunis, GTZ.
- ALBARRACIN-JORDAN J., 1999
The archaeology of Tiwanaku, the myths, history and science of an ancient Andean civilization. La Paz, PAP, 105 p.
- AL-GHARIANI S. A., 1994
« Contour ridge terracing water harvesting systems in north-west Libya. »
In : FAO, Consultation d'expert, Le Caire, 21-25 novembre 1993, *Water harvesting for improved agricultural production* : 35-56.
- ALKIRE W. H., 1965
Lamotrek atoll and inter-island socioeconomic ties. London, University of Illinois press, Illinois studies of Anthropology n° 5, 180 p.
- ALLAN W., 1965
The African husbandman. Edinburgh, Oliver and Boyd.
- ALLEN P., VAN DUSEN D. (eds.), 1988
« Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems ». *In* : Proceedings of the 6th international scientific conference of the Federation of organic agriculture movements, 2 vol., Santa Cruz, Agroecology program, University of California Press.
- ALTIERI M. A., 1991
Traditional Farming in Latin America. *The Ecologist*, 21 (2) : 93-96.
- ALTIERI M. A., 1996
Indigenous knowledge re-valued in Andean agriculture. *Ileia Newsletter*, April : 7-8.
- AMHERST Lord, THOMSON B., 1901
The discovery of the Solomon islands by Alvaro de Mendana in 1568. London, Hakluyt Society.
- AMO R. S. DEL, LOJERO R. A., RUEDA M. D., 1988
« The Tecallis : A Traditional Cultivation System ». *In* : P. Allen, D. Van Dusen (eds.), *Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems*, Proceedings of the sixth international scientific conference of the Federation of organic agriculture movements, 2 vol., Santa Cruz, Agroecology program, University of California Press : 433-444.
- AMO R. S. DEL, LOJERO R. A., DELGADO M. R., 2002
« Los tecallis : un cultivo hidropónico tradicional ». *In* : A. Gonzáles Jácome, R. S. del Amo, (eds.), *Agricultura et sociedad en México, diversidad, enfoques, estudios de caso*. http://www.uady.mx/sitios/veterina/ofacad/curso_protropico/material/articulos/2_Paradigmas/Doc/tecallis.pdf.version HTML
- AMOURETTI M.-C., COMET G., 1985
Le livre de l'olivier. Paris, Édisud.
- ANDRADE A., 1986
Investigación arqueológica de los Antrosoles de Araracuara. Bogotá, Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, 31, 103 p.

- ANSCHUETZ K. F., 1995
« Saving a Rainy Day : The Integration of Diverse Agriculture Technologies to Harvest and Conserve Water in the Lower Chama Valley, New Mexico ». In : W. Toll (ed.), *Soil, Water, Biology, and Belief in Prehistoric and Traditional Southwestern Agriculture*, New Mexico, Archaeological Council Special Publication 2, Albuquerque : 25-40.
- ARMILLAS P., 1949
Notas sobre sistemas de cultivo en Mesoamérica. Cultivos de riego y humedad en la cuenca del Rio Balsas. *Anales del Instituto Nacional de Anthropológia e Historia*, 3 : 85-113.
- ARMILLAS P., 1971
Gardens on swamps. Archeological research verifies historical data on Aztec land reclamation in the valley of Mexico. *Science*, 174 (4010) : 653-661.
- ARMILLAS P., 1984
Notas sobre sistemas de cultivo en Mesoamérica. Cultivos de riego y humedad en la cuenca del Rio de las Balsas. *Cuicuilco*, 4 (13) : 28-43.
- AUBRIOT O., 2004
L'eau, miroir d'une société. Irrigation paysanne au Népal central. Paris, CNRS Éditions Collection du Monde indien-Sciences Sociales, 15^e-21^e siècle.
- AVERY, B.W., 1990
Soils of the British Isles. Wallingford, UK, CAB International : 386, 463 p.
- AYERS J. A., 1989
Indigenous soil and water conservation in sub-Sahara Africa : the circle of Djénne. Central Mali. M. Sc. Thesis, University of Reading.
- BADER J.-C., LAMAGAT J.-P., GUIGEN N., 2003
Gestion du barrage de Manantali sur le fleuve Sénégal : analyse quantitative d'un conflit d'objectifs. *Hydrological sciences-Journal des sciences hydrologiques*, 48 (4) : 525 - 538.
- BALDY C., 1997
Systèmes traditionnels d'arboriculture et conservation des sols dans le bassin méditerranéen. *Cahiers d'Agricultures*, 6 (1) : 31-44.
- BALLAND D. (éd.), 1992
Les eaux cachées. Études géographiques sur les galeries drainantes souterraines. Paris, Sorbonne, département de Géographie.
- BALLWEBER H., 1996
Floating gardens of Mexico. <http://www.agnr.umd.edu/users/mg/schfloa.htm> 2p
- BALZAN L., 2007
Des Andes à l'Amazonie 1891-1893. Présentation et commentaires de J.-C. Roux, A. Gioda, Paris, Gingko éditeur/IRD, 327 p.
- BARBOUR K.M., 1961
The republic of the Sudan. A regional geography. London, University of London press.
- BARRAU J., 1956
Les ignames alimentaires des îles du Pacifique Sud. *Journal d'Agriculture Trop. et de Botanique Appliquée*, 3 : 385-401.
- BARRAU J., 1958
Subsistence agriculture in Melanesia. Honolulu, Bernice P. Bishop Museum. *Bulletin* No. 219.
- BARRAU J., 1961
Subsistence agriculture in Polynesia and Micronesia. Honolulu, Bernice P. Bishop Museum. *Bulletin* No. 223.
- BARRAU J., 1962
Les plantes alimentaires de l'Océanie, origines, distribution et usages. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Marseille, France.
- BARRAULT J., ECKEBIL J.- P., VAILLE J., 1972
Point des travaux de l'Irat sur les sorghos repiqués du Nord-Cameroun. *L'Agronomie Tropicale*, 27 (8) : 791-814.
- BARROW C. J., 1988
The present position and future development of rain-fed agriculture in the tropics. *Outlook on agriculture*, 17 (3) : 112-119.
- BARRY B., SONOU M., 2003
« Best practices in rainfed agriculture in West Africa ». In : Proceedings of the symposium on Water Conservation Technologies for Sustainable Dryland Agriculture in SSA (WCT), Bloemfontein, 8-11, April 2003.
- BARRY O., ROOSE É., SMOLIKOWSKI B., 1995 a
« Gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols au Cap-Vert ». In : F. Ganery, B. Campbelle (eds.), *Sustainable land management in african semi arid and subhumid regions*, proceedings of the SCOPE workshop, 15-19 novembre 1993, Dakar, Sénégal Montpellier, Cirad.
- BARRY O., SMOLIKOWSKI B., ROOSE É., 1995 b
Un projet de développement innovant au Cap-Vert, le Prodap. *Agriculture et développement*, 5 : 57-68.
- BASEHART H. W., 1973
Cultivation intensity, settlement patterns and homestead farms amongst the Matengo of Tanzania. *Ethnology*, 12 : 57-75.
- BASILE D., 1974
Tillers of the Andes : Farmers and farming in the Quito basin. Chapel Hill, University of north Carolina department of geography studies, *Geography* 8.

- BATCHELOR B. E., 1980
Los camellones de Cayambe en la sierra de Ecuador. *América Indígena*, 40 : 671-689.
- BAUZON L. E., 1979
Comparative rural history : Japan and Southeast Asia. Comparative Study of paddy-growing communities in Southeast Asia and Japan. Kyoto, Ryukoku university, 38 p.
- BEACH T., DUNNING N. P., 1995
Ancient Maya terracing and modern conservation in the Peten rain forest of Guatemala. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50 : 138-145.
- BECKERMAN S., 1984
A note on ringed fields.
Human Ecology, 12 : 203-206.
- BELLIL R., 1999
Les oasis du Gourara. Paris, Peeters.
<http://www.mondeberbere.com/civilisation/gourara/gourara.htm>
- BELWOOD P., 1979
Man's conquest of the Pacific ; The prehistory of southeast Asia and Oceania. New York, Oxford university press., 462 p.
- BEN-ASHER J., 1988
A review of Water harvesting in Israel. World bank working paper 2, World bank sub-saharan waterharvesting study : 47-69.
- BENFER R. A., WEIR G. H., OJEDA ENRIQUEZ B., 1987
Early Water Management Technology on the Peruvian Coast. In : D. L. Browman (ed.), *Arid Land use strategies and risk management in the Andes : a regional anthropological perspective*, Boulder, Westview press : 195- 206.
- BÉRARD L., 1983
Terres et eaux en Dombes. Technologie et droit coutumier. Lyon, Presses universitaires de Lyon, 186 p.
- BÉRARD L., 1985
La culture par inondation en Dombes. Effets idéologiques et incidences sociales. *Le Monde alpin et rhodanien*, 4 : 175-184.
- BÉRARD L., 1989
Structures foncières et organisation sociale. La Dombes au début du xx^e siècle. *Le Monde alpin et rhodanien*, 1-2 : 39-56.
- BÉRARD L., 1994
La culture de la carpe. *Études rurales, Le sauvage et le domestique*, 129-130 : 147-156.
- BÉRARD L., MARCHENAY P., 1981
Ethnologie et écologie d'un système agropiscicole : les étangs des Dombes. *Le Monde alpin et rhodanien*, 2-3 : 69-102.
- BEST E., 1925
Maori agriculture. Wellington, Whitcombe et Tombs.
- BÉTHENCOURT J. DE, 1874 (réédition)
Le canarien. Livre de la conquête et conversion des Canaries 1402-1422. Rouen, Éd. C. Métérie, 258 p.
- BEYSENS D., 1996
Les puits de rosée, un rêve remis à flots. *La Recherche*, 27 (287) : 30-33.
- BHUSHAN L. S., YADAV R. C., SINGH B. L., TIWARI A. K., SINGH M., GAUR M. L., RAM B., 1992
Prospects for rainfed agriculture in gullied and ravine catchments through soil and water conservation practices. London, Academic Press.
- BILLAUD J-P, 1984
Marais poitevin, rencontres de la terre et de l'eau. Paris, L'Harmattan, 265 p.
- BILLY B., 1981
« Water harvesting for dryland and floodwater farming on the Navajo indian reservation ». In : G. R. Dutt et al. (eds.), *Rainfall collection for agriculture in arid and semi-arid regions.* CAB Farnham royal.
- BISSON J., 1957
Le Gouara, étude de géographie humaine. Institut de recherche du Sahara, Mémoire 3, 223 p.
- BLADY, 1997
Systèmes traditionnels d'arboriculture et conservation des sols dans le bassin méditerranéen. *Cahiers d'Agricultures*, 6 (1) : 31-44.
- BOER B., CASTELLÓN R., 1996
Lameo, an indigenous method of soil conservation. *Ileia Newsletter*, 12 (1) : 10-11.
- BOERS T. M., BEN-ASHER J., 1982
A review of rainwater harvesting. *Agricultural water management*, 5 : 145-158.
- BOHRER V. L., 1960
Zuni agriculture. *El palacio*, 67 : 181-202.
- BOISSIÈRE M., 1999 a
Ethnobiologie et rapports à l'environnement des Yali d'Irian Jaya (Indonésie). Unpublished PhD thesis, univ. Montpellier-II.
- BOISSIÈRE M., 1999 b
La patate douce et l'arachide, transformations d'une agriculture Yali Irian Jaya, Indonésie. *JATBA, Revue d'ethnobiologie*, 41 (1) : 131-156.
- BOISSIÈRE M., 2003
La mémoire des jardins : pratiques agricoles et transformations sociales en Nouvelle-Guinée. *Annales de la Fondation Fyssen*, 18 : 111-128.
- BONDURANT J., 1988
Sailaba irrigation farming : irrigation management system research project trip report. Lahore, Usaid.

- BONNEMAISON J., 1991
« Le taro roi, une horticulture d'abondance dans l'archipel du Vanuatu (Mélanésie). »
In : Hommage à Jean Delvert, *Aspects du monde tropical et asiatique*, Paris, Presses de l'université de Paris-Sorbonne : 305-315.
- BONNEMAISON J., 1996
« Gens du taro, gens de l'igname. » *In* : Hommage à José Garanger, *Mémoire de pierre, mémoire d'homme, tradition et archéologie en Océanie*, Paris, publications de la Sorbonne : 389-404.
- BONVALLOT J., 1986
Tabias et Jessour du sud tunisien : agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion.
Cahiers Orstom, série Pédologie, 22 (2) : 163-171.
- BONVALLOT J., 1992
« Plaidoyer pour les jessour, Tunisie du sud ». *In* : E. Le Floch et al. (éd.), *L'aridité, une contrainte au développement ; caractérisations, réponses biologiques, stratégies et sociétés*, Paris, Orstom : 507-518.
- BORK H.-R., MIETH A., TSCHOCHNER B., 2004
Nothing but stones ? A review of the extent and technical effort of prehistoric stone mulching on Rapa Nui. *Rapa Nui Journal*, 18 (1) : 10.
- BOSERUP E., 1970
Évolution agraire et pression démographique. Paris, Flammarion, Coll. Nouvelle bibliothèque scientifique, 218 p.
- BOSSI, 1808
Statistique générale de la France. Département de l'Ain. Paris, Testu, 720 p.
- BOUCHARD J.-F., 1995
« Altas culturas y medio ambiente en el litoral norte del área ecuatorial andina ». *In* : M. Guinea, J.-F. Bouchard, J. Marcos, (eds.), *Cultura y medio ambiente en el área andina septentrional*, Abya-Ayala, Quito : 195-223.
- BOUDERBALA N., CHICHE J., HERZENNI A., PASCON P., 1984
La question hydraulique. 1. Petite et moyenne hydraulique au Maroc. Rabat.
- BOULET J., 1975
« Magoumaz, pays Mafa (nord Cameroun) ». *In* : Paris, Orstom, *Atlas des structures agraires au sud du Sahara*, 11.
- BOUTILLIER J.-L., CANTRELLE P., CAUSSE J., LAURENT C., N'DOYE T., 1962.
La moyenne vallée du Sénégal. Paris, Ministère Coopération-Insee, 367 p.
- BOUTILLIER J.-L., SCHMITZ J., 1987
Gestion traditionnelle des terres (systèmes de décrue/système pluvial) et transition vers l'irrigation : le cas de la vallée du Sénégal.
Cahiers Orstom, Série Entomologie médicale et Parasitologie, 23 (3-4) : 533-554.
- BOUTRAIS J., 1987
Mbozo-Wazan ; Peul et montagnards au nord du Cameroun. Paris, Orstom, Atlas des structures agraires au sud du Sahara, 22.
- BOUYASSE-CASSAGNE T., 1992
Le lac Titicaca : histoire perdue d'une mer intérieure. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 21 (1) : 89-159.
- BRACK E. A., 1999
Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Peru. Édition du Pnud et du centre Bartolomé de Las Casas, 550 p.
- BRADFIELD M., 1971
The changing pattern of Hopi agriculture. London, Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, *Occasional paper n° 30*.
- BRAEMER F., 1990
« Formes d'irrigation dans le Hawran (Syrie du sud) ». *In* : B. Geyer (éd.), *Technologies et pratiques hydro-agricoles traditionnelles en domaine irrigué*, Actes du colloque de Damas, 27 juin-1^{er} juillet 1987, Paris, Librairie orientaliste Paul Geuthner.
- BRASS L. J., 1941
Stone age agriculture in New Guinea. *Geographical Review*, 31 : 555-569.
- BROWMAN D. L. (ed.), 1987
Arid land use strategies and risk management in the Andes : a regional anthropological perspective. Boulder, CO. Westview press, 335 p.
- BRUINS H.J., EVENARI M., NESSLER U., 1986
Rainwater-harvesting agriculture for food production in arid zones : the challenge of the African famine. *Applied geography*, 61 (1) : 13-32.
<http://fadr.msu.ru/rodale/agsieve/txt/vol2/8/art1.html>
- BRUNEAU M., BERNOT L., 1972
Une population lacustre : les Intha du lac Inlé. *Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée*, 19 (10-11) : 401-441.
- BRYAN K., 1929
Flood water farming. *Geographical Review*, 19 : 444-456.
- BUCK J. L., 1937
Land utilization in China. Chicago, University of Chicago press.
- BUCK P. H., 1944
Arts and crafts of the Cook islands. Honolulu, Bernice P. Bishop, *Museum bulletin* 179.
- BUGE D. E., 1984
« Prehistoric subsistence strategies in the Chama region, northern New Mexico ». *In* : S. K. Fish, P. R. Fish (eds.), *Prehistoric agricultural strategies in the southwest*, Tempe, Arizona state University press, *Anthropological research papers n° 33* : 27-34.

- BULL I. D., SIMPSON I. A.,
DOCKRILL S. J., EVERSHERD R. P., 1999
*Organic geochemical evidence for the origin
of ancient anthropogenic soil deposits at Tofts
Ness, Sanday, Orkney.*
- CAILLAVET C., 1983
Toponymie historique, archéologie et formes
prehispániques de agriculture en la région
de Otavalo. Ecuador. *Bulletin de l'Institut
Français d'Études Andines*, XII, 3-4 : 1-21.
- CAILLIÉ R., 1996
Voyage à Tombouctou. Paris, La Découverte,
373 + 397 p. (1^{re} édition 1830).
- CALAS J., 2006
Le Cambodge rural face à la pauvreté :
contribution à la réflexion sur les dynamiques
agraires et le changement social.
Paris, Agence française de développement,
Document de travail n° 10, 57 p.
- CAMPBELL R., 1973
El misterioso mundo de Rapa Nui.
Santiago de Chile, Editorial Francisco
de Aguirre, Colección Viajeron n° 9.
- CAPOBIANCO J. P., VERÍSSIMO A., MOREIRA A.,
SAWYER D., SANTOS I., PINTO L., 2001
*Biodiversidade na Amazônia
Brasileira-Avaliação e ações prioritárias
para a conservação, uso sustentável
e repartição de benefícios*. São Paulo,
Instituto Socioambiental, 540 p.
- CASTETTER E. F., BELL W. H., 1942
Pima and Papago agriculture. Albuquerque,
University of New Mexico Press.
- CASTETTER E. F., BELL W. H., 1951
Yuman Indian agriculture. Albuquerque,
University of New Mexico Press.
- CATHALA R., 1957
Report on the Gilbert Islands.
Atoll Research Bull. : 59-60.
- CERECEDA P., SCHEMENAUER R. S., SUIT M., 1992
An alternative water supply for Chilean coastal
desert villages. *Water Resources Development*,
8 (1) : 53-59.
- CHAABOUNI Z., 1984
L'irrigation traditionnelle par jarres
comme moyen d'économie d'eau dans
les conditions arides du bassin méditerranéen.
Perspect. méditerranéennes, 3 (17) : 25-26.
- CHAABOUNI Z., 1991
Les aménagements hydrologiques traditionnels
de récolte des eaux de ruissellement « Meskat »
et la lutte contre l'érosion hydrique des sols.
Revue Géographie et Développement,
11 : 116-134.
- CHABERT J.-P., 1984
Terres et eaux en Dombes. *Les hommes et l'eau,
Études Rurales*, 93-94 : 87-89.
- CHAIRES C., PALERM J., 2004
El entarquinamiento, el caso de la Comarca
Lagunera. Organizaciones Autogestivas para
el Riego. México, *Boletín Archivo Histórico
del Agua-Año* 9.
- CHAMARD P., COUREL M.-F.,
ADESIR-SCHILLING M., DIAKITÉ C. H., 1997
L'inondation des plaines intérieures du delta
intérieur du Niger. Tentatives de contrôle,
la réalité et les risques. *Sécheresse*, 8 (3) : 151-156.
- CHAN G. L., 1985
Integrated farming systems.
Amsterdam, Elsevier publishers.
- CHANG T. T., 1995
« Rice ». In : J. Smartt et N. W. Simmonds (eds.),
Evolution of crop plants, London,
Longman : 147-155.
- CHAZINE J.-M., 1977
Prospections archéologiques à Takapoto.
Journal de la Société des Océanistes,
33 (56-57) : 191-215.
- CHAZINE J.-M., 1990
Contraintes et ressources de l'environnement,
l'exemple des Tuamotu. *Notes et Documents
de Sciences Humaines* n° 13, 75 p.
- CHAZINE J.-M., 1993
« Les atolls des Tuamotu ». In : Paris,
Orstom, *Atlas de Polynésie française*, Pl. 763.
- CHAZINE J.-M., 2003
Diffusion de techniques horticoles au cours
de l'occupation des atolls du Pacifique.
In : C. Orliac (éd.), *Archéologie en Océanie
insulaire : peuplement, sociétés et paysages*,
Paris, ArtCom.
- CHEN B., JIANG Q., 1997
Antiquity of the earliest cultivated rice in central
China and its implications. *Economic Botany*,
511 (3) : 307-310.
- CHENG-SHAN Z., SHI-MING L., 1992
Ecological agriculture in China. Red deserts turn
to green oceans. *Ileia Newsletter*, 8 (4) : 25-26.
- CHEVALIER A., 1938
Les îles du Cap-Vert. Géographie,
biogéographie, agriculture, flore de l'archipel.
*Revue de botanique appliquée et d'agriculture
tropicale*, 170-171 : 733-1090.
- CHEYLAN J.-P., 2004
Les oasis sahariennes à *foggara* : mutations
sociales sous fortes contraintes écologiques.
MappeMonde, 90 (4) : 44-48.
[http://www.mgm.fr/PUB/Mappemonde/M490/
Foggara.pdf](http://www.mgm.fr/PUB/Mappemonde/M490/Foggara.pdf)

- CHOISY Abbé DE, 1976
Journal de voyage de Siam fait en 1865 et 1866. Bangkok, D.H. Book House, 99 p.
- CIEZA DE LEÓN P., 1947
Parte prima de la crónica del Perú. Madrid, *Biblioteca de Autores españoles desde la formación del lenguaje hasta nuestros días*, 26 : 349-458.
- CLAUS J. V., LEBOT V., 1999
Comment revitaliser les tarodières irriguées de Futuna ? *JATBA, revue d'ethnobiologie*, 41 (1) : 157-182.
- CLEVELAND D. A., BOWANNIE F., ERIACHO D. F., LAAHTY A., PERRAMOND E., 1995
Zuni farming and United States government policy : the politics of biological and cultural diversity in agriculture. *Agriculture and human value*, 12 (3) : 2-18.
- COBO B., 1956
Historia del Nuevo Mundo. Madrid, *Biblioteca de autores españoles desde la formación del lenguaje hasta nuestros días*, 91-92.
- COE M. D., 1964
The chinampas of Mexico.
Scientific American, 211 (1) : 90-98.
- COE M. D., 1994
Mexico : From the Olmecs to the Aztecs. New York, Thames and Hudson, 214 p. (4^e éd.).
- COFFEY A., sd
The role of indigenous knowledge in determining design and the planning of water harvesting systems.
http://www.bangor.ac.uk/~azs80f/556_Land-husbandry/2002-Assessments/WH-indig.Doc
- COLLIER W. L., 1980
Fifty years of spontaneous and government sponsored migration in the swampy lands of Kalimantan : past results and future prospects. *Prisma*, 18 : 2-55.
- COLLIER W. L., RACHMAN B., SUPARDI B., RAHMADI A., JURINDAR A. M., 1984
« Cropping systems and marginal land development in the coastal wetlands of Indonesia ». In : *Proceedings of the Workshop on Research Priorities in Tidal Swamp Rice*, Los Baños, IRRI : 183-196.
- CONAF, 1996
Vegetación de Rapa Nui : Historia y uso tradicional. Chile, Ministerio e Agricultura, Corporación Nacional Forestal Parque Nacional Rapa Nui, 24 p.
- CONSTANT MARTIN M.-C.,
CONSTANT MARTIN D., 1994
« Kenya ». In : Paris, *Encyclopedia Universalis*, 13 : 295-303.
- CORMIER-SALEM M.-C. (éd.), 1999
Rivières du Sud. Sociétés et mangroves ouest-africaines. Paris, IRD Éditions, vol. 2, Bibliographie.
- Corporación Mata Nui A Hotu A Matu'a
O Kahu Kahu O'Hera, 1999
Recuperación de Flora Native Arbustiva y Comestible de la Isla de Pascua. Chile, Hangaroa.
- COSTA M. L., KERN D. C., KÄMPF N., 2003
« Pedogeochemical and mineralogical analysis of Amazonian Dark Earths ». In : J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods (eds.), *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers : 333-352.
- COURSEY D. G., 1976
« Yams ». In : N. W. Simmonds (ed.), *Evolution of Crops Plants*, London, Longman.
- CRITCHLEY W., 1990
Capter la pluie : la collecte des eaux pluviales, une technique familière aux populations des régions subsahariennes semi-arides. *Ceres* 125, 22 (1) : 41-45.
- CRITCHLEY W., REIJ C., TURNER S., 1992
Soil and water conservation in Sub-sahara Africa. Towards sustainable production by the rural poo. Amsterdam, CDCS, Free University, Report IFAD.
- CRITCHLEY W., REIJ C., WILLCOCKS J., 1994
Indigenous soil and water conservation : a review of the state of knowledge and prospects for building on traditions. *Land degradation and rehabilitation*, 5 : 293-314.
- CURRY L., 1962
La culture du taro en Nouvelle-Calédonie. *Études mélanésiennes*, 14-17 : 48-64.
- DAGODAG T., KLEE G., 1973
A review of some analogies in sunken garden agriculture. *Anthropological Journal of Canada*, 11 (4) : 10-15.
- DARÍAS Y PADRÓN, D. C. 1988
« Noticias generales históricas sobre la isla de El Hierro ». In : Goya (éd.), Santa Cruz, Tenerife, 3^e édition.
- DARWIN C., 1842
Geological Observations : the structure and observations of Coral reefs. London, Smith, Elder & Co.
- DAVIDSON D.A., CARTER S. P., 1998
Micromorphological evidence of past agricultural practices in cultivated soils : the impact of a traditional agricultural system on soils in Papa Stour, Shetland. *Journal of Archaeological Science*, 25 : 827-838.

- DEGRAS L., 1986
L'igname. Paris, Maisonneuve et Larose,
Coll. Techniques agricoles et productions
tropicales, 409 p.
- DELOLME, 1937
*Rapport sur les renseignements divers,
sur les terres, les cultures, les biens et
les coutumes dans la vallée du fleuve Sénégal*.
Saint-Louis, Mas, 182 p., *multigr*.
- DENEVAN W. M., 1970
Aboriginal Drained-field Cultivation
in the Americas. *Science*, 169 : 647-654.
- DENEVAN W.M., 2001
*Cultivated landscapes of native Amazonia and
the Andes*. Oxford, Oxford University Press, 396 p.
- DENEVAN W. M., TURNER B. L., 1974
Forms, functions and associations of raised fields
in the old world tropics. *The journal of tropical
geography*, 39 : 24-33.
- DERCON G., DAVIDSON D. A., DALSGAARD K.,
SIMPSON I. A., SPEK T., THOMAS J., 2005
Formation of sandy anthropogenic soils in NW
Europe : identification of inputs based on particle
size distribution. *CATENA*, 59 (3) : 341-356.
- DESPOIS J., 1953
Le Hodna (Algérie). Paris, PUF.
- DESPOIS J., 1955
La Tunisie orientale. Sahel et basse steppe.
Paris, PUF, 554 p.
- DESPOIS J., 1961
La Tunisie. Paris, Armand Collin, 224 p.
- DEVAUX G., 1984
Les hortillonnages d'Amiens. Amiens, CRDP.
- DÍAZ F., JIMENEZ C. C., TEJEDOR M., 2005
Influence of the thickness and grain size
of tephra mulch on soil water evaporation.
Agricultural water management,
74 (1) : 47-55.
- Dictionnaire arabe-français, al-farâ'id*, 1971
Beirut, Lebanon, Dar El-Machreq publishers.
- DINKINS S., 1969
Lanzarote, the strangest Canary.
National geographic, 135 : 117-139.
- DI PIAZZA A., 1990
Les jardins enfouis de Futuna.
Une ethno-archéologie de l'horticulture.
Journal de la Société des Océanistes,
91 : 151-162.
- DI PIAZZA A., PEARTHREE E., 2002
L'archéologie du voyage ; tout un archipel
pour territoire. *Archaeologia*, 383 : 28-37.
- DOLLFUS P., LECOMTE-TILOUINE M., AUBRIOT O., 2003
« Les cultures à l'épreuve du temps. Esquisse
d'une histoire de l'agriculture en Himalaya ».
- In* : J. Smadja (éd.), *Histoire et devenir
des paysages en Himalaya. Représentations
des milieux et gestion des ressources
au Népal et au Ladakh*, Paris, CNRS,
Coll. Espaces et Milieux : 273-316.
- DOMINGUEZ S., 2002
Optimal gardening strategies : maximizing
the input and retention of water in prehistoric
gridded fields in north central New Mexico.
World Archaeology, 34 (1) : 131-163.
- DONFACK P., SEIGNOBOS C., 1996
Des plantes indicatrices dans un agrosystème
incluant la jachère : les exemples des Peuls
et des Giziga du Nord-Cameroun. *Journal
d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique
Appliquée*, 8 (1) : 231-250.
- DONKIN R., 1979
*Agricultural terracing in the aboriginal
New World*. Tucson, Viking Fund Publications
in anthropology, University of Arizona press.
- DORAS 1996
*Agricultural and irrigation patterns
in the Central Plains of Thailand*.
Bangkok, Kasetsart University-Orstom, 224 p.
- DORY D., ROUX J.-C., 1998
De la coca à la cocaïne : un itinéraire bolivien.
Autrepart : 21-46.
- DOUMENGE C. et al., 1995
« Tropical montane cloud forests : conservation
status and management issues ». *In* : Hamilton
et al. (eds.), *Tropical Montane Cloud Forests*,
Springer Verlag, Ecological Studies n° 110,
Berlin-New York : 24-37.
- DUBOIS P., 1913
La vallée de la Somme. Les hortillonnages,
les pêcheries, les tourbières.
Bull. Soc. Géo., 59 : 324-338.
- DUBOST D., MOGUEDET G., 1998
Un patrimoine menacé : les *foggaras* du Touat.
Sécheresse, 9 (2) : 117-122.
- DUPRÉ G., 1990
Savoirs, paysans et développement.
Paris, Karthala-Orstom.
- EARLE T., 1978
Economic and social organisation of a complex
chiefdom : the Halela district, Kaua'i, Hawaii.
Ann Arbor, Museum of Anthropology, University
of Michigan. *Anthropological papers* 63.
- ÉCOUTIN J.-M., 1999
« Aménagement technique du milieu. »
In : M.-C. Cormier-Salem (éd.),
*Rivières du Sud. Sociétés
et mangroves ouest-africaines*,
Paris, IRD Éditions : 209-267.

- EGGAN F., PANDEY T. N., 1979
« Zuni history, 1850-1970. » *In* : A. Ortiz (ed.), *Southwest Handbook of North American Indians*, 9, Washington, D.C. Smithsonian institute.
- EGLOFF W., 1937
Le paysan dombiste. Paris, Droz, 242 p.
- EL AMAMI S., 1977
Traditional technologies and development of the African environments : utilization of runoff waters : the meskats and other techniques in Tunisia. *African environment*, 3 (3/4) : 107-120.
- EL AMAMI S., 1984
Les aménagements hydrauliques traditionnels de Tunisie. Tunis, Centre de Recherche en génie rural, 69 p.
- ELING H. H. Jr., 1987
« The Rustic Boca Toma : Traditional Hydraulic technology for the Future. »
In : D. L. Browman (ed.), *Arid land use strategies and risk management in the Andes : a regional anthropological perspective*. Boulder, CO. Westview press : 171-193.
- EMORY K. P., 1975
Material culture of the Tuamotu Archipelago. Honolulu, B.P. Bishop. *Pac. Anthropol. Rec.*, 22, Mus.
- ENGEL F., 1973
New facts about Pre-Columbian life in the Andean Lomas. *Current anthropology*, 14 (3) : 271-280.
- ENGEL F. A., sd
De las begonias al maíz. Vida y producción en el Perú antiguo. Lima, Centro de investigaciones de zonas áridas, Universidad Nacional Agraria.
- ENGLERT S., 1974
La tierra de Hotu Matuha : historia y etnología de la isla de Pascua. Santiago de Chile, Ediciones de la Universidad de Chile, 276 p.
- ENGLISH P. W., 1968
« The origin and spread of qanats in the Old World ». *In* : *Proceedings of the American Philosophical Society*, 112 : 170-181.
- ENNABLI N., 1993
Les aménagements hydrauliques et hydroagricoles en Tunisie. Tunis, Inat, Gref, 255 p.
- ERDMAN J.A., DOUGLAS C.L., MARR J.W., 1969
Environment of Mesa Verde, Colorado. National Park service, Archaeological research service, Washington.
- ERIKSSON A. (ed.), 1992
The Revival of Soil Conservation in Kenya. Regional Soil Conservation Unit, SIDA Report No. 1, 30 p.
- ERICKSON C. L., 1980
Sistemas agrícolas prehispánicos en los Llanos de Mojos. *América indígena*, Instituto Indigenista Interamericano, Mexico, XL, 4 : 731-756.
- ERICKSON C. L., 1986
« Waru-Waru : una tecnología agrícola del Altiplano prehispánico ». *In* : C. De la Torre, M. Burga, *Andenes y camellones en el Perú andino*, CONCYTEC, Lima : 59-84.
- ERICKSON C. L., 1994
« Methodological considerations in the study of ancient Andean field systems ». *In* : N. F. Miller, K. L. Gleason (eds.), *The Archeology of Garden and Field*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press : 111-152.
- ESPEJO R., MARTINEZ L., ESTADES C., GUITIERREZ G., GIODA A., 1995
L'aridité et sa spécificité dans les déserts côtiers de l'Amérique du Sud. *Succulentes*, 18 (3, 4) : 30-32, 7-11.
- EVENARI M., SHANAN L., TADMOR N., AHARONI Y., 1961
Ancient agriculture in the Negev. *Science*, 133 : 979-996.
- EVENARI M., SHANAN L., TADMOR N., 1982
The Negev : the challenge of a desert. Cambridge, Harvard University Press.
- FAIRBOURN M. L., 1973
Effect of gravel mulch on crop yields. *Agronomy journal*, 65 : 925-928.
- FALANRUW M. V., 1993
« Taro growing on Yap ». *In* : L. Ferentinos (ed.), *Proceedings of the sustainable taro culture for the Pacific conference*, september 24 and 25 1992, East-West center University of Hawaii, Honolulu, College of tropical agriculture and human resources, *Research Extension series*, 140 : 105-109.
- FARRELL B. H., WARD R. G., 1962
« The taro zone ». *In* : J. W. Fox et al. (eds.), *Western Samoa land life and agriculture in tropical Polynesia*, Christchurch, Whitcombe and Tomb : 217-222.
- FARRINGTON I. S. (ed.), 1985
Prehistoric Intensive Agriculture in the Tropics. Oxford, B.A.R. International Series 232, 2 vol.
- FERLIN G., 1979
Impressions des îles du Cap-Vert. *Revue bois et forêts des tropiques*, 183 : 19-32.

- FERNÁNDEZ CALDAS E., TEJEDOR SALGUERO M. L., JIMENEZ MENDOZA C., 1987
Soil types in the arid zones of the Canary Islands. *Catena*, 14 : 317-324.
- FLANNERY K. V., 1986
Guilá Naquitz, archaic foraging and agriculture in Oaxaca, México. New York, Academic press, 538 p.
- FLÉCHET J.-P., 1967
L'évolution agricole de la Dombes. *Revue de géographie de Lyon*, 42, 1 : 39-80.
- FLENLEY J., BAHN P., 2002
The enigma of Easter island. London, Oxford University Press.
- FLORES OCHOA J. A., 1987
« Cultivation in the qocha of the South Andean Puna ». In : D. L. Browman (ed.), *Arid Land Use Strategies and Risk Management in the Andes* : 271-296.
- FLORES OCHOA J. A., JORGE A., 1979
Early Watertable Farming on the North Coast of Peru. *American Antiquity*, 44 (1) : 138-144.
- FLORES OCHOA J. A., PAZ FLORES P., 1986
« La agricultura en laguna qocha ». In : C. de la Torre, M. Burga (eds.), *Andenes y camellones en el Perú andino : Historia, Presente y Futuro*, Lima, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología : 85-106.
- Forêts, 2005
L'île aux arbres fontaines, 12 mars-avril.
- FURER-HAIMENDORF C. VON, 1947
Notes on tribal group in the Subansiri region. Shillong, Assam government Press.
- GALE W. J., MCCOLL R. W., FANG X., 1993
Sandy fields traditional farming for water conservation in China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 48 (6) : 474-477.
- GALLAIS J., 1965
Le paysan Dogon République du Mali. *Cahiers d'Outremer*, 18 : 123-143.
- GARDNER R., HEIDER K. G., 1986
Gardens of War : Life and death in the New Guinea Stone Age. Andre Deutsch, 184 p.
- GERMAN L., 2004
« A geographical method for Anthrosol characterization in Amazonia : contributions to method and human ecological theory ». In : B. Glaser et W. I. Woods (eds.), *Amazonian Dark Earths : Explorations in space and time*, Berlin, Springer : 29-51.
- GÉROUDET P., 2003
La réserve biologique de Dombes, France. *Biological conservation*, 1 (4) : 335-336.
- GEYER B., 1987
« Techniques et pratiques hydro-agricoles traditionnelles en domaine irrigué ». In : Approche pluridisciplinaire des modes de culture avant la motorisation en Syrie. Actes du colloque de Damas, 27 juin-1^{er} juillet, *Techniques et pratiques hydro-agricoles en domaine irrigué*, Paris, Librairie orientaliste Paul Geuthner, 2 vol., 521 p.
- GICHUKI F. N., 2000
Makueni district profile : soil management and conservation, 1989-1998. Crewkerne, Somerset, Drylands Research, *Drylands Research Working Paper* 4.
- GIODA A., ACOSTA BALADÓN A., FONTANEL P., 1992
L'arbre fontaine. *La Recherche* 1992, 23 : 1400-1408.
- GIODA A., ESPEJO R., BLOT J., NEUVY O., 1994
Arbres fontaines, eau du brouillard et forêts de nuages. *Sécheresse*, 5 (4) : 237-243.
- GIODA A., HERNÁNDEZ Z., ACOSTA BALADÓN A., BLOT J., 1997
L'arbre-fontaine : brouillard et aridité en Afrique. *Le Flamboyant*, 41 : 9-11.
- GIODA A., HERNÁNDEZ Z., GONZÁLEZ E., ESPEJO R., 1995
Fountain trees in the Canary Islands : legend and reality. *Advances in Horticultural Sciences*, 9 (3) : 112-118.
- GIODA A., MALEY J., ESPEJO GUASP R., ACOSTA BALADÓN A., 1993
« Some low elevation fog forests of dry environments : applications to African paleoenvironments ». In : L. S. Hamilton, J. O. Juvik, F. N. Scatena (eds.), *Tropical Montane cloud forests*, Proceedings of an International Symposium at San Juan, Puerto Rico, 31 mai-5 juin, Honolulu, East-West center.
- GIRARD S., 2004 a
« Politique de l'eau et gestion locale des ressources hydriques dans les Andes équatoriennes ; le cas du bassin versant du Río Ambato ». In : P. Caron, J.-Y. Jamin, A. Richard, T. Ruf (éd.), *Coordinations hydrauliques et justices sociales*, Actes du séminaire, novembre 2004, Montpellier, France.
- GIRARD S., 2004 b
Les páramos, des espaces stratégiques de gestion des ressources en eau dans les bassins versants andins équatoriens. L'exemple du bassin versant du Río Ambato. *Mappemonde*, 78, février 2005, 12 p. <http://mappemonde.mgm.fr/num6/articles/art05202.html>

- GLASER B., GUGGENBERGER G., ZECH W., 2003
« Organic chemistry studies on Amazonian Dark Earths ». In : J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods (eds.), *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers : 227-241.
- GLASER B., WOODS W.I. (eds.), 2004
Amazonian Dark Earths : Explorations in space and time. Berlin, Springer, 216 p.
- GLASSOW M. A., 1980
Prehistoric agricultural development in the northern southwest. *Anthropological paper* n° 16. Socorro, Ballena press.
- GOBLOT H., 1979
Les qanats, une technique d'acquisition de l'eau. Paris, Mouton, École des hautes études en sciences sociales, 236 p.
- GOLSON J., 1977
« No room at the top : agricultural intensification in the New Guinea Highlands ». In : J. Allen, J. Golson et R. Jones (eds.), *Sunda et Sahul : prehistoric studies in island Southeast Asia. Melanesia and Australia*, London, Academic press : 601-638.
- GOLSON J., 1981
« New Guinea agriculture history : a case study ». In : D. Denoon et C. Snowden (eds.), *A time to plant and a time to uproot*. Port-Moresby, Institute of Papua New Guinea studies, *A history of agriculture in Papua New Guinea* : 55-64.
- GOLSON J., 1989
« The origins and development of New Guinea agriculture ». In : D. R. Harris et G. C. Hillman (eds.), *Foraging and Farming : the evolution of plant exploitation*, London, Unwin Hyman : 678-687.
- GONDARD P., 1984
Archéologie d'un paysage précolombien. Les Andes au nord de Quito (xv^e-xvi^e siècles). *Mappemonde*, 88, 4 : 28-31.
- GONDARD P., 2005
« Campos elevados en llanuras húmedas, Du modelé au paysage, Ados, Camellones, Waru warus ou Pijales ». In : F. Valdez, *Colloque d'Agriculture Préhispanique, Quito*, Quito IFEA, IRD, CNRS, université Paris-I, INPC.
- GONDARD P., 2006
Campos elevados en llanuras húmedas, Del modelado al paisaje. In : F. Valdez (ed.), *Agricultura Ancestral, Camellones y Albarradas, Contexto social, usos y retos del pasado y del presente*, Abya-Yala, CNRS, IFEA, IRD : 25-53.
- GONDARD P., LÓPEZ F., 1983
Inventario arqueológico preliminar de los Andes septentrionales del Ecuador. Quito, MAG-PRONAREG-Orstom-Museo del Banco central, 274 p. + mapa.
- GONDARD P., LÓPEZ F., 2006
Albarradas y Camellones : Drenaje, riego y heladas en Cayambe (Sierra norte del Ecuador), In : Valdez F. (ed.), *Agricultura Ancestral, Camellones y Albarradas, Contexto social, usos y retos del pasado y del presente*, Abya-Yala, CNRS, IFEA, IRD : 241-250.
- GORECKI P., 1979
Population growth and abandonment of swamplands : a New Guinea Highlands example. *Journal de la Société des Océanistes*, 63 (35) : 97-107.
- GOUROU P., 1972
La terre et l'homme en Extrême-Orient. Paris, Flammarion, 279 p.
- GOUROU P., 1984
Riz et civilisation. Paris, Fayard.
- GOVERNMENT OF INDIA, 2002
Measures for effective implementation of watershed programmes : special team of the ministry notes irregularities in implementation of the schemes in Rajasthan. PIB releases. <http://pib.nic.in/archieve/lreleng/lyr2002/rjan2002/30012002/r300120027.html>
- GUIGUE M.-C., 1857
Essai sur les causes de la dépopulation de la Dombes et l'origine de ses étangs. Bourg, Milliet-Bottier.
- GUZMAN DE R. N., GUZMAN DE A. M., 1998
« Water requirement augmentation from fogs in hills agriculture ». In : *International conference on fog and fog collection*, Vancouver 19-24 July 1998.
- HAGSMA B., 1990
Erosion and conservation on Santo Antão : no shortcuts to simple answer. Santo Antão, SARDEP.
- HABERLE S. G., HOPE G. S., FRETES Y. DE, 1991
Environmental change in the Baliem Valley, montane Irian Jaya, Republic of Indonesia. *Journal of Biogeography* (18) : 25-40.
- HACK J. T., 1942
The physical changing environment of the Hopi Indians of Arizona. *Reports of the Awatovi Expedition I, Papers of the Peabody museum of archeology and ethnology*, 35 (1), Cambridge, Harvard University.
- HACKENBERG R., 1974
Papago Indian. New York, Garland.
- HADJAJ H., 1998
Gestion de l'eau au sein du périmètre irrigué du canal de la Toallo dans les Andes équatoriennes. Étude sur le périmètre de la Toallo Alobamba : communautés de Alobamba, Huachi, Montalvo Alto. Montpellier, Cnearc, 76 p.

- HAHN S. K., ASIEDU S. O.,
AKORODA M. O., OTOO J. A., 1987
Yam production and its future prospects.
Outlook on Agriculture, 16 : 105-110.
- HALLAIRE A., 1988
« Systèmes agraires et histoire dans les Monts Mandara. » In : D. Barreteau, H. Tourneux (éd.), *Le milieu et les hommes : recherches comparatives et historiques dans le bassin du lac Tchad*, Paris, Orstom : 215-220.
- HAMIDÉ A. R., 1990
« Les anciens systèmes hydro-agricoles en Syrie septentrionale ». In : B. Geyer, *Techniques et pratiques hydro-agricoles traditionnelles en domaine irrigué*, Actes du colloque de Damas, 27 juin-1^{er} juillet 1987, Paris, Librairie orientaliste Paul Geuthner, 2 vol. : 23-29.
- HANDY E. S. C., HANDY E. G., 1972
Native planters in old Hawaii. Bernice P. Bishop, *Museum bulletin*, 233.
- HARLAN H. V., 1926
The Vale of Kashmir.
<http://www.arsgrin.gov/ars/PacWest/Aberdeen/old/indiamanu.html>
- HARRISON P., 1998
Making land from the bare rock.
People and the planet, 7 (1) : 22-25.
- HECKENBERGER M. J., PETERSEN J. B., NEVES E., 1999
Village size and permanence in Amazonia : two archaeological examples from Brasil.
Latin American Antiquity, 10 : 535-576.
- HEIDER K. G., 1970
The Dugum Dani, a Papuan culture in the highlands of west New Guinea.
Chicago, Aldine Publishing Company, 334 p.
- HELMS S. W., 1981
Jawa : Lost city of the black deserts.
Ithaca NY, Cornell University Press.
- HENRY Y., 1918
Irrigations et cultures irriguées.
Paris, Emile Larose, 296 p., 5 cartes, annexes.
- HEUSH B., 1986
Cinquante ans de banquettes de D.R.S.-C.E.E.S. en Afrique du Nord : un bilan. *Cahiers Orstom, série Pédologie* : 12 (2) : 153-162.
- HIRAOKA M., 1985
Changing floodplain livelihood patterns in the Peruvian Amazon. *Tsukuba Studies in Human Geography*, 9 (3) : 243-75.
- HORKHEIMER H., 1960
Alimentación y obtención de alimentos en los Andes prehispánicos. La Paz, Hisbol.
- HOUMLI E., DONADIEU P., sd
Le meskat, un système hydraulique de production oléicole menacé par l'étalement urbain : le cas de la région de Sousse, Nord Tunisie.
<http://www.versailles.ecole-paysage.fr/recherche/cmdu/rencontres3/Houimli.Donadieu.A.doc>
- HSU C.Y., 1980
Han agriculture, the formation of early agrarian economy (206 B.C.-A.D. 220). Vol. 2. Seattle, University of Washington Press, 377 p.
- HUET J.-C., 1994
Villages perchés des Dogon du Mali. Habitat, espace et société. Paris, L'Harmattan. 191 p.
- Hunger without frontiers*, 2004
Proceedings of the second West Africa Society of Agricultural Engineering, KNUST, Kumasi Ghana, 20-24th September 2004.
- IEDECA, 2002
Proyecto CORICAM, Conservación de los recursos naturales riego campesino en la cuenca alta del Río Ambato, plan operativo de la fase 3. Ambato, Ecuador, 52 p.
- ITANI J., 1998
Evaluation of an indigenous farming system in the Matengo highlands, Tanzania and its sustainability. *African study monographs*, 19 (2) : 55-68.
- IVANCIC A., LEBOT V., 1998
Taro Colocasia esculenta (L.) (Schott). A manual on genetics and breeding. TANSO, Technical paper n° 1, Montpellier, Cirad, 178 p.
- IWMI, FAO, CTA, 2001
Private Irrigation in Sub-Saharan Africa. Regional Seminar on Private Sector Participation and Irrigation Expansion in SSA.
- JAMIN J.-Y., 1986
L'agriculture de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal : les cultures traditionnelles du Waalo et du Falo. Saint-Louis, Isra, 16 p.
- JAUZE L., 2003
L'eau de brouillard : une ressource alternative pour les hautes terres de l'île de la Réunion.
<http://aphgreunion.free.fr/L'eau%20du%20brouillard-une%20ressource%20alternative.htm>
- JIMENEZ-OSORNIO J. J., DEL AMO S., 1988
« An Intensive Mexican traditional agroecosystem : the Chinampa ». In : P. Allen, P. D. Van Dusen (eds.), *Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems*, Proceedings of the sixth international federation of organic agriculture movements, 2 vol., Agroecology program, Santa Cruz, University of California : 451-452.
- JIMENEZ-OSORNIO J. J., GOMEZ-POMPA A., 1991
Human role in shaping the flora in a wetland community, the *chinampa*. *Landscape and urban planning*, 20 : 47-51.

KABORÉ D., RELJ C., 2004

The emergence and spreading of an improved traditional soil and water conservation practice in Burkina Faso. *Environment and Production Technology Division discussion paper*, 114. www.ifpri.org/events/conferences/2003/120103/papers/paper10.pdf

KAHLOWN M. A., HAMILTON J. R., 1996

Sailaba irrigation practices and prospects. *Arid soil research and rehabilitation*, 10 : 179-191.

KALU B. A., NORMAN J.-C., 1987

Crop yields under the traditional cropping patterns in a middle-belt savannah agro-ecological zone of Nigeria. *Agricultural Systems*, 24 : 211-220.

KAMAR M., 2001

« Role of Kenyan women's groups in community base soil and water conservation : a case study ». In : D. E. Stott, R. H. Mohtar, G. C Steinhardt (eds.), *Sustaining the global farm*, selected papers from the 10th international soil conservation organisation meeting, 24-29 may 1999, Purdue university : 229-233.

KÄMPF N., WOODS W. I., SOMBROEK W.,

KERN D. C., CUNHA T. J. F., 2003

« Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient anthropic soils ».

In : J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods (eds.), *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers : 77-102.

KASSAS M., 1956

The mist oasis of Erkwit, Sudan. *Journal of ecology*, 44 : 180-194.

KASSOGUÉ A., DOLO J., PONSIOEN T., 1990 a

Traditional soil and water conservation on the Dogon plateau, Mali. Londres, International Institute for Environment and Development, *Paper n° 23* : 18 p.

KASSOGUÉ A., KOMOTA M.,

SAGARA J., SCHUTGENS F., 1990 b

« A measure for every site : traditional SWC techniques on the Dogon plateau, Mali ». In : *Sustaining the soil : indigenous soil and water conservation in Africa*, London, Earthscan pub : 69-79.

KATO M., 2001

Intensive cultivation and environment use among the Matengo in Tanzania. *African study monographs*, 22 (2) : 73-91.

KAYOMBO R., ELLIS-JONES J., MARTIN H. L., sd

Indigenous conservation tillage system in East-Africa with an exemple of their evaluation from South West Tanzania.

<http://www.fao.org/ag/ags/agse/3ero/namibia1/c12.htm>

KAZUTAKA N., MICHIO O., 2003

An overview of Aroid cultivation on Atolls in the Pacific Ocean. Kagoshima University Research Center for the Pacific Islands, *Occasional Paper*, 39, 87-91. <http://cpi.kagoshima-u.ac.jp/occasional/vol-39/39-14.pdf>

KEMPER W. D., NICKS A. D., COREY A. T., 1994

Accumulation of water in soils under gravel and sand mulches. *Soil Science Soc. of America*, 58 (1) : 56-63.

KENDALL A., RODRÍGUEZ A., 2002

« Las Qochas Andinas : una solución para mitigar el riesgo agropecuario y doméstico en la sierra del Perú ». In : J. Palerm Viqueira (ed.), *Antología sobre pequeño riego vol. III Sistemas de riego no convencionales*, México, Colegio de Postgraduados Montecillo : 241-256.

KERN D. C., 1988

Caracterização Pedológica de Solos com Terra Preta Aqueológica na Região de Oriximiná, Pará. UFRGS, Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Dissertação de Mestrado, 232 p.

KERN D. C., 1996

Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará). Belém, Universidade Federal do Pará, Tese de Doutorado, 124 p.

KERN D. C., KÄMPF N., 1989

Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. *R. Bras. Ci. Solo*, 13 : 219-225.

KERN D. C., COSTA, M. L. DA, 1997

« Solos Antrópicos de Caxiuanã ». In : P. Lisboa (org.), *Caxiuanã*, 1 : 105-119.

KERN D. C., FRAZÃO F. J. L., COSTA M. L. DA, FRAZÃO E., JARDIM M. A., 1999

« A influência das palmeiras como fonte de elementos químicos em sítios arqueológicos com Terra Preta ». In : SBG/NO, *Resumos, VI Simpósio da Geologia da Amazônia*, Manaus.

KERN D.C., D'AQUINO G., RODRIGUES T.E.,

FRAZÃO F.J.L., SOMBROEK W.,

MYERS T.P., NEVES E.G., 2003

« Distribution of Amazonian Dark Earths in the Brazilian Amazon ». In : J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods (eds.), *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers : 51-75.

KERR J., SANGHI N. K., 1992

Indigenous soil and water conservation in India's semi-arid tropics. London, IIED, *Gatekeeper Series* No. 34.

- KIKUCHI W. K., 1976
Prehistoric Hawaiian fishponds.
Science, juillet 1923.
- KILLION T. W. (ed.), 1992
Gardens of prehistory, the archaeology of settlement agriculture in Greater Mesoamerica. Tuscaloosa, Alabama Press, 334p.
- KINTIGH K., 1985
Settlements, subsistence and society in late Zuni prehistory. Tucson, University of Arizona press, *Anthropological papers*, 44.
- KIRCH P. V., 1994
The wet and the dry, irrigation and agricultural intensification in Polynesia. Chicago, The University of Chicago press, 385 p.
- KIRCH P. V., LEPOFSKY D., 1993
Polynesian irrigation : archaeological and linguistic evidence for origins and development. *Asian perspectives*, 32 (2) : 183-204.
- KIRKBY A. V., 1973
The use of land and water resources in the past and present valley of Oaxaca, Mexico.
Ann Arbor, University of Michigan,
Memoirs of the museum of anthropology, 5.
- KIRSCHT H., 2001
« Masakwa farming in northeastern Nigeria ». In : S. Kahlheber, K. Neumann (eds.), *Man and Environment in the West African Sahel, an Interdisciplinary Approach*, Berichte des Sonderforschungsbereichs 268, Band 17, Frankfurt-am-Main : 33-59.
- KLOOSTERBOER E. H., EPPINK L. A., 1989
« Soil and water conservation in very steep areas, a case study of Santo Antao island, Cape Verde ». In : E. Baum (ed.), *Topics in applied resource management*, 1 : 111-142.
- KNAPEN H., 2001
Forests of Fortune ? The environmental history of Southeast Borneo, 1600-1880. Leiden, KITLV Press, 487 p.
- KNAPP G., 1982
Prehistoric Flood Management on the Peruvian Coast : Reinterpreting the « Sunken Fields » of Chilca. *American Antiquity*, 47 (1) : 144-154.
- KNAPP G., 1991
Andean ecology, Adaptive dynamics in Ecuador. Westview, Boulder CO, 220 p.
- KOBORI I., 1964
« Human geography of methods of irrigation in the central Andes ». In : *Land use in semi-arid Mediterranean climates*, Paris, Unesco : 135-137.
- KOLARKAR A. S., MURTHY K. N., SINGH N., 1983
Kahdin', a method of harvesting water for agriculture in the Thar desert.
Journal of arid environments, 6 (1) : 59-66.
- KOLATA A. L., 1991
The technology and organization of agricultural production in The Tiwanaku state. *Latin American Antiquity*, 2 (2) : 99-125.
- KOLAVALI S., WHITAKER M. L., 1996
« Institutional aspects of water harvesting : Khadins in Western Rajasthan, India. » In : *Proceedings of the 6th Annual Conference of the International Association for the Study of Common Property*, June 1996, Berkeley, California.
- KOVDA V. A., 1961
« Land development in the arid regions of the Russian Plains, the Caucasus and Central Asia. » In : L. D. Stamps (ed.), *A history of land use in arid region*, Paris, Unesco : 175-218.
- LACHIVER M., 1997
Dictionnaire du monde rural. Paris, Fayard, Les mots du passé.
- LAMB J. Jr., CHAPMAN J. E., 1943
Effect of surface stones on erosion, evaporation, soil temperature and soil moisture. *Agronomy journal*, 35 : 567-578.
- LANDRY P., 1990
« Eaux souterraines et qanâts d'après un livre arabe du XI^e siècle ». In : B. Geyer, *Techniques et pratiques hydro-agricoles traditionnelles en domaine irrigué*, Actes du colloque de Damas, 27 juin-1^{er} juillet 1987, Paris, Librairie orientaliste Paul Geuthner, 2 vol. : 272-282.
- LANOUGÈRE-BRUNEAU V., 1999
Les tarodières irriguées de l'île Vanua Lava, une marque identitaire dans le système social inter-îles (îles Banks-Vanuatu). *JATBA, Revue d'ethnobiologie*, 41 (1) : 61-91.
- LAPAIRE J.-P., 1976
L'évolution récente des « Baiboho » du Nord-Ouest, région de Mampikony-Port-Berge, Madagascar. *Madag. Rev. géogr.*, 29 : 117-154.
- LARCHER C., 2005
« Les Hortillonnages ». In : *L'Encyclopédie de l'Agora*. http://agora.qc.ca/reftext.nsf/Documents/Hortillonnages_Les_hortillonnages_par_Christian_Larcher
- LAROUSSE D., 2006
S'abreuver du ciel.
Sciences et Avenir, 711 (mai) : 88-90.
- LARRAIN H., CERECEDA P., SCHEMENAUER R. S., OSSES P., LAZARO P., UGARTE A., 1998
« Human occupation in a fog-covered site in alto Patache Northern Chile ». In : *International conference on fog and fog collection*, Vancouver 19-24 July 1998.

- LASERNA R., 1995
Bolivie : l'économie de la drogue.
Problèmes d'Amérique latine, 18 : 83-100.
- LEBOT V., ARADHYA K. M., 1991
Isozyme variation in taro *Colocasia esculenta* (L.) (Schott) from Asia and Oceania.
Euphytica, 56 : 55-66.
- LEBOT V., TRILLES B., NOYER J. L., MODESTO J., 1998
Genetic relationships between *Discorea alata* L. cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 45 (6) : 499-509.
- LE BOURDIEC F., 1980
« Le développement de la riziculture dans l'Ouest malgache ». In : R. Waast, E. Fauroux, B. Schlemmer, F. Le Bourdieu, J.-P. Raison, G. Dandoy, G. Sautter (éd.), *Changements sociaux dans l'Ouest malgache*. Paris, Orstom, Mémoires Orstom, n° 90 : 133-152.
- LEBRETON P., BERNARD A., DUPUPET M. (dir.), 1991
Guide du naturaliste en Dombes. Paris, Neufchâtel, Delachaux et Niestlé, 432 p.
- LEE M. D., VISSCHER J. T., 1990
Water harvesting in five African countries.
IRC Occasional paper n° 14, 108 p.
- LEES S., 1973
« Sociopolitical aspects of canal irrigation in the valley of Oaxaca ». In : *Memoirs of the museum of anthropology*, Vol. 6, Ann Harbor, Michigan.
- LE GOULVEN P., RUF T., 1992
Leau et sa gestion dans la planification de l'irrigation traditionnelle des Andes équatoriennes. In : P. Carré (éd.), *Usage agricole de l'eau*, Paris, Orstom : 201-224.
- LEHMANN J., KERN D. C., GLASER B., WOODS W. I., 2003 a
Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 505 p.
- LEHMANN J., SILVA J. P. DA JR., STEINER C., NEHLS T., ZECH W., GLASER B., 2003 b
Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthroisol and a Ferralsol of the Central Amazon basin : fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil*, 249 : 343-357.
- LE HOUEROU H. N., 1998
« Fog-dependent ecosystems in the drylands of Africa. » In : *International conference on fog and fog collection*, Vancouver 19-24 July 1998.
- LEIGHTON D. C., ADAIR J., 1963
People of the middle place : a study of the Zuni Indians. New Haven, CT, Human relations area files, inc.
- LE LIÈVRE D., 2004
Voyageurs chinois à la découverte du monde, de l'antiquité au XIX^e siècle. Genève, Olizane, 472 p.
- LENG T.S., 1987
« Cultivation of deepwater and floating rice in Kampuchea. » In : *Proc. Int. Deepwater Rice workshop* : 159-167.
- LE QUÉRÉ G., MARCEL J., 1999
La pisciculture d'étangs française. Paris, Itavi, 57 p., annexes.
- LERICOLLAIS A., 1997
La vallée du Sénégal : les cultures de décrue en question. Montpellier, Orstom, 16 p. *multigr.*
- LERICOLLAIS A., SCHMITZ J., 1984
« La calebasse et la houe » : techniques et outils des cultures de décrue dans la vallée du Sénégal. *Cahiers Orstom, série Sciences Humaines*, 20 (3-4) : 427-452.
- LE ROY X., 2000
« La difficile mutation de l'agriculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal ». In : A. Rivière-Honegger, T. Ruf (éd.), *Approches sociales de l'irrigation et de la gestion collective de l'eau : démarches et expériences en France et dans le monde*, Montpellier, université Paul-Valéry : 165-177.
- LESOURD M., 1992
« Maîtrise et valorisation de l'eau aux îles du Cap-Vert ». In : E. Le Floch et al. (éd.), *L'aridité, une contrainte au développement. Caractérisation, réponses biologiques, stratégies et sociétés*, Paris, Orstom : 519-537.
- LEVANG P., 1997
La terre d'en face. La transmigration en Indonésie. Paris, Orstom, Coll. À travers champs, 419 p.
- LI S., XIAO L., 1992
Distribution and management of drylands in the People's Republic of China. *Advances in soil sciences*, 18 : 147-302.
- LIGHTFOOT D. R., 1994
Morphology and ecology of lithic-mulch agriculture. *The Geographical review*, 84 (2) : 172-185.
- LIGHTFOOT D. R., 1996
The nature, history, and distribution of lithic mulch agriculture : An ancient technique of dryland agriculture. *The Agricultural history review*, 44 (2) : 206-222.
- LIGHTFOOT D. R., EDDY F.W., 1994
The Agricultural Utility of lithic-Mulch Gardens, Past and Present. *Géo. Journal*, 34 : 425-437.
- LIGHTFOOT D. R., EDDY F.W., 1995
The construction and configuration of Anasazi pebble-mulch gardens in the northern Rio Grande. *American antiquity*, 60 (3) : 459-470.

- LIMA H. N., SCHAEFER C. E. R.,
MELLO J. W. V., GILKES R. J., KER J. C., 2002
Pedogenesis and pre-Columbian land use
of « Terra Preta Anthrosols » (Indian black earth)
of Western Amazonia. *Geoderma*, 110 : 1-17.
- LIMOUZIN P., 1994
Une agriculture périurbaine en voie
de banalisation : l'exemple amiénois.
Bull. Ass. Géogr. Franç., 2 : 156-159.
- LINARES D., 1981
From tidal swamp to inland valley : on the social
organization of wet rice cultivation among
the Diola of Senegal. *Africa*, 51 (2) : 557-595.
- LÓPEZ PACHECO E., 2002
*Buscando la autogestión en las cajas de agua
del valle de Coeneo-Huaniqueo, Michoacán*,
Maestría en Ciencias Estudios del Desarrollo
Rural, Colegio de Postgraduados, Texcoco.
- LUNAN M., 1950
Mound cultivation in Ufipa, Tanganyika.
E. African Agric. J., (16) : 88-89.
- LUO S. M., HAN C. R., 1990
« Ecological agriculture in China ».
In : C. A. Edwards, R. Lal, P. Madden,
R. H. Miller, G. House (eds.), *Sustainable
Agricultural Systems*, Ankeny,
Soil and Water Conservation Soc. : 299-322.
- LUU L. T., TRANG P. V., CUONG N. X.,
DEMAINE H., EDWARDS P., PANT J., 2002
« Promotion of small-scale pond aquaculture
in the Red River delta, Vietnam ».
In : P. Edwards, D.C. Little, H. Demaine (eds.),
Rural Aquaculture, Wallingford,
CABI Publishing, CAB International.
- MACNEISH R. S., 1991
The origins of agriculture and settled life.
London, University of Oklahoma press, 433 p.
- MADEIRA SANTOS M. E.,
FERRAZ TORRÃO M. M., 1998
« Entre l'Amérique et l'Afrique, les îles du Cap-Vert
et São Tomé : les cheminements des milhos
(mil, sorgho et maïs) ». *In* : M. Chastanet (éd.),
*Plantes et paysages d'Afrique : une histoire
à explorer*, Paris, Karthala CRA : 69-83.
- MAHFOUDH F., ACCOUCHE S., YAZIDI B., 2004
*L'histoire de l'eau et des installations
hydrauliques dans le bassin de Kairouan*.
[http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/FILES/word/
ProjectDocuments/Merguellil/Histoire%20eau%
20Kairouan.pdf](http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/FILES/word/ProjectDocuments/Merguellil/Histoire%20eau%20Kairouan.pdf)
- MAINGUET M., 1994
*Desertification : Natural background
and human management*. 2nd ed., Berlin,
Springer Verlag, 314 p.
- MAKOWSKI K., 2002
Arquitectura, estilo e identidad en el Horizonte
Tardío: el sitio de Pueblo-Viejo-Pucará,
valle de Lurín. Lima, *Boletín de Arqueología
de la PUCP*, 6 : 137-170.
- MALAPA R., ARNAU G., NOYER J. L., LEBOT V., 2005
Genetic diversity of the Greater Yam *Dioscorea
alata* (L.) and relatedness to *D. nummularia*
Lam. and *D. transversa* Br. as revealed with
AFLP markers. *Genetic Resources
and Crop Evolution*, 52 : 919-929.
- MAMIEVA I. D., 1999
« The technology of making lenses of fresh
underground water in deserts ». *In* : A. G. Babaev
(ed.), *Desert problems and desertification
in Central Asia. The researches of the Desert
institute*, Berlin, Springer Verlag : 189-199.
- MANCERON V., 2005
*Une terre en partage. Liens et rivalités dans
une société rurale*. Paris, éditions de la Maison
des Sciences de l'Homme, 258 p.
- MANDO A., BRUSSAARD L., STROOSNIJDER L., 1999
Termite- and mulch-mediated rehabilitation
of vegetation on crusted soil in West Africa.
Restoration Ecology, 7: 33-41.
- MANE L. K., FRAVAL P., 2001
*Suivi par télédétection des cultures de décrue
dans la vallée du fleuve Sénégal en saison
froide 2000-2001*. Saint-Louis,
Saed-Adrao-IWMI, 30 p., *multigr.*
- MANNAERTS C. M., GABRIELS D., 2000
Rainfall erosivity in Cape Verde.
Soil and Tillage Research, 553-4 : 207-212.
- MANNER H., 1992
« The taro islets (maa) of Puluwat Atoll ». *In* :
Paper presented at the *Science of Pacific Island
Peoples Conference* July 6-10, 1992, Suva, Fiji.
- MANNER H., 1993
« Taro *Colocasia esculenta* (L.) (Schott)
in the atolls and low islands of Micronesia ».
In : L. Ferentinos (ed.), *Proceedings
of the sustainable taro culture for the Pacific*,
september 24 and 25 1992, East-West center
University of Hawaii, Honolulu, College
of tropical agriculture and human resources,
Research Extension series, 140 : 88-100.
- MARCHAL J. Y., DANDROY G., 1972
*Contribution à l'étude géographique
de l'ouest malgache*. Paris, Orstom,
Travaux et Documents n° 16, 162 p.
- MARCHAND L., 1996
*Estudio de la organización del riego y del uso
del agua en la zona del proyecto CORICAM,
caso del El Quinche y de Chibuleo
(San Francisco)*. Ambato, IEDECA-CICDA : 74 p.

- MARCOS J. *et al.*, 1982
Proyecto arqueológico y etnobotánico
« Peñon del Río ». Guayaquil, Escuela Técnica de Arqueología, ESPN, 21 p.
- MARTEN G. G., 1986
« Traditional agriculture and agricultural research in Southeast Asia ». In : G. G. Marten (ed.), *Traditional Agriculture in Southeast Asia : a human ecology perspective*, Honolulu, Hawaii Environment and Policy Institute, East West Center.
- MARZOUK SCHMITZ, Y., 1984
Instruments aratoires, systèmes de cultures et différenciation intraethnique. *Cah. Orstom, série Sciences Humaines*, 20 (3-4) : 399-425.
- MARZOUK Y., 1989
Sociétés rurales et techniques hydrauliques en Afrique. *Études Rurales*, 115-116 : 9-36.
- MARZOUK Y., 1990
« Histoire des conceptions hydrauliques étatiques et paysannes en basse Casamance, Sénégal, 1960-1990 ». In : G. Dupré (éd.), *Savoirs paysans et développement*, Paris, Karthala-Orstom : 61-97.
- MATHIEU B., 2000
Le sorgho repiqué au Nord-Cameroun. De l'analyse des pratiques culturelles à l'accompagnement technique des producteurs. Mémoire de DEA ETES, 103 p.
- MATHIEWSON K., 1980
Proyecto Camellones : Informe de progreso de la prospección de Samborondón y agricultura de vega contemporánea. Ms. museo Antropológico del Banco Central de Guayaquil.
- MATTE A. Z., sd
Change and stability in the indigenous farming system of Matengo.
www.tzonline.org/pdf/changeandstabilityintheindigenousfarming.pdf
- MATTHEWS P. J., 1990
The origins, dispersal and domestication of taro. PhD thesis, Australian National University, Canberra.
- MATTHEWS P. J., 1995
Aroids and the Austronesians. *Tropics*, 4 (2) : 105-126.
- MAXWELL T. D., 1995
« A Comparative Study of Prehistoric Farming Strategies ». In : H. Toll (ed.), *Soil, Water, Biology, and Belief in Prehistoric and Traditional Southwestern Agriculture*, New Mexico, *Archaeological Council Special Publication* 2, Albuquerque : 3-10.
- MAXWELL T. D., ANSCHUETZ K. F., 1992
« The southwestern ethnographic record and prehistoric agricultural diversity ». In : T. W. Killion (ed.), *The archeology of settlement agriculture in greater Mesoamerica*, Tuscaloosa, University of Alabama press : 35-68.
- MAYMARD J., 1957
Étude expérimentale des facteurs naturels influant sur les cultures de décrue : les essais de Guédé (1956-1957). Orstom, 111 p., 26 h-t, 67 p. multigr.
- MAZOYER M., ROUDART L., 1998
Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine. Paris, Seuil.
- MBATI B. M., NGIGI S. N., 2005
Tumbukiza pits.
http://www.iwmi.cgiar.org/africa/west_africa/projects/AdoptionTechnology/RangelandConservation/39-TumbukizaPits.htm
- MCCANN J. M., WOODS W. I., MEYER W., 2001
« Organic matter and anthrosols in Amazonia : Interpreting the amerindian legacy ». In : R. M. Rees, B. C. Ball, C. D. Campbell, C. A. Watson (eds.), *Sustainable management of soil organic matter*, Wallingford, CABI Publishing : 180-189.
- MCCOY, HEYERDAHL T., FERDON E. N. Jr. (eds.), 1961
Reports of the Norwegian Archaeological Expedition to Easter Island and the East Pacific. Vol. 1 : Archaeology on Easter Island. Stockholm, Monographs of the School of American Research and the Kon-Tiki Museum Oslo, Norway, No. 24, Part 1.
- METAIS S., CRUZ A., 2003
Gestión integral en el manejo y conservación de la cuenca del Río Ambato. Foro de los recursos hídricos, 2^e encuentro nacional, Camaren, Quito, Ecuador : 44-61.
- METRAUX A., 1940
Ethnology of Easter Island. Honolulu, Museum, 432 p.
- METRAUX A., 1941
L'île de Pâques. Paris, Gallimard. 193 p.
- MICHEL P., 1973
Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Étude géomorphologique. Paris, Orstom, 752 p.
- MILLER N. F., GLEASON K. L. (eds.), 1994
The archeology of garden and field. Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 228 p.
- MINNIS P. E., 1999
« Prehistoric Anthropogenic Ecology of the North American Southwest ». In : *Symposium Agriculture in Arid environments : archaeological perspectives*, World Archaeological Congress 4, University of Cape Town, 10th-14th January 1999.
<http://www.wac.uct.ac.za/wac4/symposia/papers/s011mnn1.pdf>

- MODJESKA N., 1977
Production among the Duna.
Unpublished thesis, Canberra, ANU.
- MOHAMED-ABDI M., 2000
Les bouleversements induits de la guerre civile en Somalie : castes marginales et minorités.
Autrepart, 15 : 131-148.
- MOLLARD É., 1994
La renaissance d'une pratique agricole de submersion sur les hauts plateaux du Mexique.
Les Cahiers de la recherche-développement ; Systèmes irrigués, 38 : 83-99.
- MOLLARD É., 1999
Les hortillonnages en Thaïlande et dans le monde.
JATBA, Revue d'ethnobiologie, 41 (2) : 165-183.
- MOLLIEN G. T., 1967
L'Afrique occidentale en 1818. Paris, Calmann-Lévy, 296 p. (1^{re} édition 1820).
- MONOD T., TOUPET C., 1961
« Utilisation des terres de la région saharo-sahélienne ».
In : Histoire de l'utilisation des terres arides, Paris, Unesco.
- MORA S., HERRERA L. F.,
CAVELIER F. I., RODRIGUEZ C., 1991
Cultivars, anthropic soils and stability. A preliminary report of archaeological research in Aracuaara, Colombian Amazonia. Pittsburgh, University of Pittsburgh Latin American Archaeology Reports No. 2. 87 p.
- MORENO TOSCANO A., 1968
Geografía Económica de México. Siglo XVI, Nueva serie 2, Mexico, Centro de Estudios Historicos, Colegio de Mexico.
- MORIARTY J. R., 1969
Floating gardens (*chinampas*) agriculture in the old lakes of Mexico. *Katunob*, 7 (1) : 59-75.
- MORLON P., 1992
Comprendre l'agriculture paysanne dans les Andes. Paris, Inra, Coll. Écologie et aménagement rural.
- MORTIMER W. G., 1901
Peru. History of Coca. « *The divine plant of the Incas* ». New York, Vail Company, 576 p.
- MOSELEY M. E., 1969
Assessing the archaeological significance of *mahamaes*. *American antiquity*, 34 : 485-487.
- MOUTARDE F., 2006
L'évolution du couvert ligneux et de son exploitation par l'homme dans la vallée du Lurín (Pérou), de l'Horizon Ancien à l'Horizon Tardif. Thèse Archéologie et environnement, Univ. Paris-I.
- MUHSTAQ A., 1990
« Sailaba irrigation and its improvement in Baluchistan ». *In : Proceedings of irrigation Systems management research symposium*, Islamabad, Pakistan.
- MUJICA BARREDA E., 1997
« Los Andenes de Puno en el contexto del proceso histórico de la Cuenca norte del Titicaca ».
In : Ponencia presentada en el simposio Conservación y Abandono de Andenes, Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, mayo 8 de 1992. Análisis histórico de la problemática del riego en la provincia de Tungurahua, Departamento de ciencias históricas, Quito, Facultad de ciencias humanas, PUCE, 252 p.
- MUNIER P., 1973
Le palmier-dattier. Paris, G.P. Maisonneuve et Larose.
- Musées royaux d'Art et d'Histoire de Bruxelles, 1990
L'île de Pâques : une énigme ? Bruxelles, Verlag Philipp von Zabern et MRAH, 380 p.
- MUSSET A., sd
L'agriculture sur l'eau en milieu urbain. Les hortillonnages d'Amiens et les chinampas de Xochimilco. Document préliminaire destiné au congrès de Buenos Aires.
<http://www.eh.net/XIIICongress/cd/papers/17Musset252.pdf>
- MUTUNGA K., CRITCHLEY W., 2001
Farmers initiatives in land husbandry, promising technologies for the drier areas of East Africa. RELMA Technical Report 27. Nairobi, Regional Land Management Unit (RELMA), Swedish International Development Cooperation Agency (Sida).
- MWANGI J. N., MBOYA T. O., KIHUMBA J., 2001
« Improved maize production in central Kenya with adoption of soil and water conservation measures ». *In : Seventh eastern and southern Africa regional maize conference*, 11-15 February : 299-300.
- NABHAN G., 1984
Soil fertility renewal and water harvesting in Sonoran desert agriculture, the Papago example. *Arid lands newsletter*, 20 : 21-24.
- NACHTERGAELE J., POESSEN J.,
VAN WESEMAEL B., 1998
Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland. *Soil and Tillage research*, 46 (1-2) : 51-59.
- NAGEL J. F., 1956
Fog precipitation on Table mountain. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 82 : 452-460.
- NAGEL J. F., 1962
Fog precipitation on Africa's southwest coast. *Notos*, 11 : 51-60.

- NASRI S., ALBERGEL J.,
CUDENNEC C., BERNDTSSON R., 2004
Hydrological processes in macrocatchment
water harvesting in the arid region of Tunisia :
the traditional system of tabias. *Hydrological
Sciences Journal*, 49 (2) : 261-272.
- NATION UNIES, 1999
« Connaissances traditionnelles : synthèse des
connaissances traditionnelles les plus importantes
et les plus largement appliquées aux niveaux
sous-régional et régional et au niveau national ».
*In : Convention sur la lutte contre la
désertification, Conférence des parties*, Recife,
16-18 novembre 1999, ICCD/COP 3/CST/2.
[http://www.unccd.int/cop/officialdocs/cop3/pdf/
cst2fre.pdf](http://www.unccd.int/cop/officialdocs/cop3/pdf/cst2fre.pdf)
- NEEDHAM J., BRAY F., 1984
Science and civilisation in China. VI 2,
Cambridge, Cambridge University press.
- NEGRE M.-P., 1983
Hortillons et hortillonnages.
Amiens, Trois cailloux.
- NEPESOV M. A., VITKIVSKAYA T. P., KIRSTA B.T., 1999
« Precipitation use ». *In : A. G. Babaev (ed.),
Desert problems and desertification
in Central Asia. The researches of the Desert
institute*, Berlin, Springer : 179 -187.
- NEUVY G., 1981
Rizières de polders et rizières de décrue
de la côte ouest malgache, Madagascar.
Tananarive, Revue géographique, 39 : 111-113.
- NEUVY O., 1993
*Valorisation des eaux de ruissellement
pour l'irrigation d'appoint du caféier
de versant au Yémen*. Mémoire ingénieur IDE.
Montpellier, Ensam, 164 p.
- NEVES E. G., PETERSEN J. B.,
BARTONE R. N., HECKENBERGER M. J., 2004
« The timing of Terra Preta formation in
the Central Amazon : Archaeological data from
three sites ». *In : B. Glaser, W. I. Woods (eds.),
Amazonian Dark Earths : Explorations
in space and time*, Berlin, Springer : 125-134.
- NIEDERBERGER BETTON C., 1985
« La Mésoamérique : les communautés
préurbaines ». *In : Paris, Encyclopedia
Universalis, Le grand Atlas universalis
de l'archéologie* : 346.
- NORAY M. L. DE, 2003
Delta intérieur du fleuve Niger au Mali.
Quand la crue fait la loi : l'organisation humaine
et le partage des ressources dans une zone
inondable à fort contraste. *Vertigo, La revue
en sciences de l'environnement*, 4 (3) : 1-9.
- NORTON J. B., SANDOR J. A., 1997
Combating desertification with indigenous
agricultural technology at Zuni Pueblo.
New Mexico Arid lands newsletter, 41.
<http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln41/norton.html>
- NÚÑEZ L., VARELA J., 1965
Sobre los recursos de agua y el poblamiento
prehispánico de la costa del norte grande
de Chile. *Estudios arqueológicos*, 3-4 : 1-41.
- NUÑEZ P. E., 2001
Historia del riego en Ecuador. Visión General.
[http://www.aguabolivia.org/analisisX/
INTERNACIONAL/historia_riegoecuador.htm](http://www.aguabolivia.org/analisisX/INTERNACIONAL/historia_riegoecuador.htm)
- OJEDA ENRIQUEZ B., 1987
« Agricultural technology of the hoyas of Chilca ».
*In : D. L. Browman, (ed.), Arid Land use
strategies and risk management in the Andes :
a regional anthropological perspective*,
Boulder, CO. Westview press : 195-205.
- OLIEL J., 1994
Les juifs au Sahara ; le Touat au moyen-âge.
Paris, CNRS-histoire.
Et aussi, [http://zoomine.free.fr/tt/sahara/donnees_
geo_clim_bota/foggaras.htm](http://zoomine.free.fr/tt/sahara/donnees_geo_clim_bota/foggaras.htm)
- OREFICI G., 1996
« L'île de Pâques et la Polynésie ». *In : Amilcare
Pizzi, Voyage vers l'île mystérieuse : de la
Polynésie à l'île de Pâques*, Bordeaux : 47-101.
- ORLIAC M., ORLIAC C., 1988
*Des dieux regardent les étoiles : les derniers
secrets de l'île de Pâques*. Paris, Gallimard, 144 p.
- OTTINO P., 1970
*Rangiroa, parenté étendue, résidence et terre
dans un atoll polynésien*. Paris, Cujas.
- OUESSAR M., ZERRIM A.,
BOUFELGHA M., CHITNER M., 2002
« Water harvesting in southeastern Tunisia : state
of knowledge and challenges ». *In : J. de Graaff,
M. Ouessar (eds.), Waterharvesting in
Mediterranean zones : an impact assessment
and economic evaluation*, Proceedings from
EU Wahia project final seminar in Lanzarote, The
Netherlands, Wageningen University, *Tropical
resource management papers*, 40 : 13-24.
- OUESSAR M., SGHAIR M., FETOUNI M., sd
*A comparison of traditional and contemporary
water management systems in the arid region
of Tunisia*. [www.inweh.unu.edu/inweh/drylands/
Publications/ Ouessar.pdf](http://www.inweh.unu.edu/inweh/drylands/Publications/Ouessar.pdf)
- OWEIS T., HACHUM A., 2003
Farming where there's no water.
Leisa magazine, June : 26-28.

- OWEIS T., HACHUM A., 2004
« Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa ».
In : Proceedings of the 4th International crop science congress, 26 september-1 october 2004, Brisbane. Publié en Cdrom.
Et aussi, [www.cropscience.org.au/icse2004/symposia/1/4/1912-oweist.htm](http://www.cropsscience.org.au/icse2004/symposia/1/4/1912-oweist.htm)
- PALERM VIQUEIRA J., 2002
Antología sobre pequeño riego, vol. III, *Sistemas de riego no convencionales*. México, Colegio de Postgraduados.
- PANT S.D., 1935
The Social Economy of the Himalayans, based on a survey in the Kumaon Himalayans. London, George Allen & Unwin.
- PANT J., DEMAINE H., EDWARDS P., 2005
Bio-resource flow in integrated agriculture-aquaculture systems in a tropical monsoonal climate : a case study in Northeast Thailand. *Agricultural Systems*, 832 : 113- 229.
- PAPE J.C., 1970
Plaggen soils in the Netherlands. *Geoderma*, 4 : 229-256.
- PARSON J. J., 1969
Ridged fields in the Rio Guayas Valley, Ecuador. *American Antiquity*, 34 : 76-80.
- PARSONS J. J., SHELTON R. J., 1981
Mapping and Dating the Prehistoric Raised Fields of the Guayas basin. *Missouri Anthropologist*.
- PARSONS J. R., 1968
The archaeological significance of *mahamaes* cultivation on the coast of Peru. *American Antiquity*, 33 : 80-85.
- PARSONS J. R., 1976
The role of *Chinampa* agriculture in the food supply of Aztec Tenochtitlan. *In : C. Cleland (ed.), Cultural change and continuity*, New York, Academic press : 233-257.
- PARSONS J. R., PSUTY N. P., 1975
Sunken fields and prehispanic subsistence on the Peruvian coast. *American Antiquity*, 40 : 259-282.
- PARSONS J. R. *et al.*, 1985
« *Chinampa* agriculture and Aztec urbanization in the valley of Mexico ». *In : I. S. Farrington (ed.), Prehistoric intensive agriculture in the tropics*, Oxford, British archaeological reports : 49-96.
- PATINO D., 1998
Sociedades complejas en Tumaco. *In : M. Guinea, J. Marcos, J.-F. Bouchard (eds.), El área septentrional andina*, Quito, Abya-Yala, IFEA : 43-65.
- PAWLUK R. R., 1995
Indigenous knowledge of soils and agriculture at Zuni pueblo. New Mexico, Iowa state University.
- PÉFAUR J., 1982
Dynamics of plant communities in the lomas of Southern Peru. *Vegetatio*, 49 : 163-171.
- PÉLISSIER P., 1966
Les paysans du Sénégal. St Yrieix.
- PERCEVEAUX P., 1962
Essai sur l'origine des étangs de la Dombes. *Bull. Soc. naturalistes et archéologues de l'Ain*, 76 : 81-90.
- PERCEVEAUX P., 1972
Les étangs dombistes dans la première moitié du XIX^e siècle. *Bull. Soc. naturalistes archéologues Ain*, 86 : 83-107.
- PERDOMO A., PALERM J., 2002
« Las gavias de Canarias y las cajas de agua mexicanas: dos soluciones semejantes en distintas orillas del Atlántico ».
In : XV Coloquio de Historia Canario-Americana, Canarias, España.
- PÉRENNÈS J., 1993
L'eau et les hommes au Maghreb. Contribution à une politique de l'eau en Méditerranée. Paris, Karthala-CNRS.
- PÉROUSE DE MONTCLOS M. A., 1997
Les reconstructions identitaires de l'exode : les réfugiés somaliens à Mombasa, Kenya. *Autrepart*, 11 : 27-46.
- PERRAMOND E. P., 1994
An historical geography of Zuni agriculture. Baton Rouge, Louisiana state University, The department of geography and anthropology, M.A. Thesis.
- PIKE A. H., 1938
Soil conservation amongst the Matengo Tribe. *Tanganyika notes and records*, 6 : 79-81.
- PINTO L., 2001
Biodiversidade na Amazônia Brasileira-Avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo, Instituto Socioambiental, 540 p.
- PIPERNO D. R., PEARSALL D. M., 1998
The origins of agriculture in the lowland neotropics. New York, Academic press, 400 p.
- PIRAZZOLI P., MONTAGIONI L. F., 1986
Late Holocene sea-level changes in the NW Tuamotu islands. *Quaternary Research*, 25 : 358-368.
- PIRENNE J., 1978
La maîtrise de l'eau en Arabie du Sud antique : six types de monuments antiques. Paris, Mémoire de l'Académie des inscriptions et belles lettres.

- PLAZAS C., FALCHETTI DE SÁENZ A.M., 1981
Asentamientos prehispánicos en el bajo río San Jorge. Banco de la República, Bogotá 136 p. + mapa.
- POLLOCK N., 1993
« Traditional foods of Rapa Nui ». In : R. Fisher, *Easter Island Studies*, Oxford, *Oxbow Monograph*, 32 : 153-157.
- POSPISIL L., 1963
The kapauku Papuans of west New Guinea. New York, Holt, Rinehart and Winston, 130 p.
- PRASAD R., MERTIA R.S., NARAIN P., 2004
Khadin cultivation: a traditional runoff farming system in Indian Desert needs sustainable management. *Journal of arid environments*, vol. 58, n° 1 : 87-96.
- PRINZ D., 1995
« Water harvesting in the Mediterranean environment, its past role and future prospects ». In : N. Tsiourtis (ed.), *Water resources Management in the Mediterranean under drought or water storage conditions*, Proceedings Internal Seminar, 14-18 mars 1995, Nicosia, Rotterdam, Balkema : 135-144.
- PRINZ D., 1996
« Water harvesting : Past and future ». In : L. S. Pereira (ed.), *Sustainability of irrigated agriculture*, NATO advanced research workshop, Vimeiro 21-26 March 1994, Rotterdam, Balkema : 135-144.
- PRINZ D., MALIK A. H., sd
Runoff farming.
www.plantstress.com/Articles/drought_m/runoff_farming.pdf
- PUIG H., FABRE A., BELLAN M.-F., LACAZE D., VILLASANTE F., ORTEGA A., 2002
Déserts et richesses floristiques : les lomas du sud péruvien, un potentiel à conserver. *Sécheresse*, 13 (4) : 215-225.
- PURWANTO Y., 1997
Gestion de la biodiversité : relations aux plantes et dynamiques végétales chez les Dani de la vallée de la Baliem en Irian Jaya, Indonésie. Unpublished PhD thesis, Univ. Paris-VI., 2 volumes, 638 p.
- PURWANTO Y., 2002 a
« The Evaluation of The Cultural Significance of Plants in Ethnobotanical Study of Dani-Baliem, Irian Jaya, Indonesia ». In : *International symposium on land management and biodiversity in Southeast Asia*, Kuta, Bali, 18-20 September 2002, Sapporo Japan, Puslit Biologi-LIPI, Hokkaido University.
- PURWANTO Y., 2002 b
Gestion de la biodiversité : relations aux plantes et dynamiques végétales chez les Dani de la vallée de la Baliem en Irian Jaya, Indonésie. *Reinwardtia*, 12 : 1-94.
- PURWANTO Y., 2004
Understanding traditional plant use and management : the Dani-Baliem perceptions of the plant diversity. *Journal of Tropical Biodiversity*, 1 : 9-43.
- PURWANTO Y., DARMAJANA R. D. A., WALUJO E. B. DAN, 1990
« Pengembangan pesawahan di Lembah Baliem Wamena ». In : W. I. K. Savitri Dyah *et al.*, *Prosiding Pengembangan Wilayah Pedesaan Wamena*, BP-TTG, Bandung, Puslitbang Fisika Terapan : 267-281.
- PURWANTO Y., WALUJO E. B. DAN, 1992
« Sistem pertanian tradisional, pemahaman lingkungan dan pemanfaatan sumberdaya tumbuhan oleh masyarakat Dani di Lembah Baliem ». *Prosiding Expose Hasil Penelitian Sumberdaya Hayati*, Puslitbang Biologi-LIPI : 112-123.
- PURWANTO Y., WALUJO E. B. DAN, 1995
« Keanekaragaman sumberdaya tumbuhan bahan pangan masyarakat Dani, Irian Jaya dan persektif pelestariannya ». In : R. E. Nasution *et al.* (eds.), *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Etnobotani II*, Buku 2, Puslitbang Biologi-LIPI, IPI, Fakultas Biologi-UGM : 439-500.
- RAIMOND C., 1999
Terres inondées et sorgho repiqué - Évolution des espaces agricoles et pastoraux dans le bassin du lac Tchad. Université de Paris-I, Panthéon-Sorbonne, thèse de doctorat de géographie, 541 p.
- RAISON J.-P., 1984
Les hautes terres de Madagascar et leurs confins occidentaux : enracinement et mobilité des sociétés rurales. Paris, Karthala, 661 p.
- RANDALL J. R., 1963
« Land use on the arid margin of the clays in Blue Nile and Kassala provinces ». In : J. H. G. Lebon (ed.), *Proceedings 9th annual conference philosophical society of the Sudan*, 1961.
- RANZANI G., KINJO T., FREIRE O., 1970
Ocorrências de « plaggen epipedon » no Brasil. *Notícia Geomorfológica*, 10 : 55-62.
- RATSIMBAZAFY C., 1967
Lac Bemarivo, sous-préfecture de Belo-sur-Tsiribihina, préfecture de Morondava. Orstom, Tananarive, 26 p. *multigr.*
www.documentation.ird.fr/fdi/liste.php?annee=1967
- RATTEL T., 1980
Les hortillonages d'Amiens. Amiens, Imprimerie Yvert et Tellier.

- RAVAULT F., 1978
Statut foncier et économie du coprah dans les Tuamotu. *Bull. Soc. Études Oc.*, 25 : 205.
- RAVINES R. (ed.), 1978
Tecnología andina. Lima, Instituto de Estudios Peruanos, 821 p.
- REIJ C., 1990
Indigenous soil and water conservation in Africa. London, IIED, *Gatekeeper Series*, SA27.
Et aussi, www.iied.org/docs/gatekeeper/GK27.pdf
- REIJ C., WATER-BAYER A., 2001
Farmer innovation in Africa. A source of inspiration for agricultural development. London, Earthscan publications Ltd.
www.earthscan.co.uk
ainsi que www.unesco.org/most/bpik4-2.htm
- REIS F. CUNHA, 1964
O problema de captação de água do nevoeiro em Cabo Verde. Garcia de Orta Lisboa, vol. 12, n° 4 : 719-756.
- RENGIFO G., 1987
La agricultura tradicional en los Andes. Lima, Editorial Horizonte.
- RENGIFO G., 1994
El suelo agropecuario en las culturas Andinas y en occidente moderno. Lima, PRATEC.
- RIGG T., BRUCE J.A., 1923
The Maori gravel soil of Waimea west, Nelson, New Zealand. *Journal of Polynesian society*, 32 : 85-93.
- RITCHIE C., 1967
Impression of Senegal in the XVIIth century excerpts from Louis Chambonneau. *African studies*, 96 (2) : 59-92.
- RIVERA DIAZ M. A., 1987
« Land use patterns in the Azapa Valley, Northern Chile ». In : D. L. Browman (ed.), *Arid land use strategies and risk management in the Andes: a regional anthropological perspective*, Boulder, CO. Westview press : 225-249.
- RIVIÈRE-HONEGGER A., RUF T. (éd.), 2000
Approches sociales de l'irrigation et de la gestion collective de l'eau : démarches et expériences en France et dans le monde. Montpellier, université Paul-Valéry : 165-177.
- RIVOIRE C., TRUCHELUT A., 1881
Coutumes et usages des étangs de la Dombes et de la Bresse ; bibliographie des étangs. Bourg-en-Bresse, Authier et Barbier, 172 p.
- RODRIGUES T. E., 1996
« Solos da Amazônia ». In : V. Alvarez, L. E. F. Fontes, M. P. F. Fontes (eds.), *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa : 19-60.
- RODRIGUEZ A., SHAH N. A., AFZAL M., MUSTAFA U., ALI I., 1996
Is water-harvesting in valley floors a viable option for increasing cereal production in highland Balochistan, Pakistan ? *Expl. Agric.*, 32 : 305-315.
- RODRIGUEZ J. A., ALTIERI M. A., SIQUES S. S., BARRERA A. C., 1988
« Agroecological Typification of Traditional Farming Systems in Central Chile ». In : P. Allen, D. Van Dusen (eds.), *Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems*, Proceedings of the sixth international scientific conference of the federation of organic agriculture movements, 2 vol., Santa Cruz, Agroecology program, University of California press : 463-468.
- ROOSE É., 1994
Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols, GCES. *Bulletin pédologique FAO*, 70, 420 p.
- ROOSE É., 2002
« Diversité des aménagements traditionnels de gestion des eaux et des sols en Israël, recherche bibliographique ». In : *Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen*, Bulletin réseau érosion 21, IRD-ENFI : 155-168.
- ROOSE É., KABORÉ V., GUENAT C., 1993
Le zaï : fonctionnement, limites et amélioration d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso). *Cahiers Orstom, série Pédologie*, 28 (2) : 159-173.
- ROOSE É., KABORÉ V., GUENAT C., 1998
Le zaï, un système traditionnel complexe de récupération des terres dégradées en Afrique soudano-sahélienne. *Orstom actualités*, 56 : 38.
- ROOSE É., SABIR M., 2002
« Stratégies traditionnelles de GCES dans les bassins méditerranéens : classification en vue d'un usage renouvelé ». In : *Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen*, Bulletin réseau érosion 21, IRD-ENFI : 33-49.
- ROOSEVELT A. C., 1991 a
Mound builders of the Amazon : Geophysical archaeology on Marajo island, Brazil. New York, Academic Press.
- ROOSEVELT A. C., 1991 b
« Determinismo ecológico na interpretação do desenvolvimento social indígena da Amazônia ». In : W. Neves, (ed.), *Origem, adaptações e diversidade biológica do homem nativo da Amazônia*, Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Emílio Snethlage : 103-159.

ROOSEVELT A. C., 1994

« Amazonian anthropology : Strategy for a new synthesis ». In : A. C. Roosevelt (ed.), *Amazonian Indians from prehistory to the present : Anthropological perspectives*, Tucson, University of Arizona Press : 1-29.

ROSTAIN S., 1991

Les champs surélevés amérindiens de la Guyane. Orstom, Cayenne, 28 p.

ROSTWOROWSKI M., 2004

Costa peruana prehispánica. Instituto de Estudios Peruanos, Lima.

ROWE J. H., 1969

The sunken gardens of the Peruvian coast. *American Antiquity*, 34 : 320-325.

ROZAS A., 1986

« El sistema de cultivo en gocha ». In : C. de la Torre, M. Burga (ed.), *Andenes y camellones en el Perú andino : Historia, Presente y Futuro*, Lima, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

RUBIO ROMERO P., 1988

Bolivia. Madrid, Biblioteca iberoamericana, éditions Anaya.

RUDDLE K., FURTADO J. I.,

ZHONG G. F., DENG H. Z., 1983

The mulberry dike-carp pond resource system of the Zhujiang (Pearl) Delta. I. Environmental context and system overview. *Applied geography*, 3 : 45-62.

RUDDLE K., ZHONG G., 1988

Integrated agriculture ; Agriculture in south China : The Dike-Pond System of the Zhujiang Delta. Cambridge, Cambridge University Press, 173 p.

RUF T., 2001

Water disputes in the Ecuadorian context up to the third millennium : no state, no market, non common property ; the transition of Santa Rosa. *Int. J. Water*, 11, Nos. 3-4.

RUF T., 2007

Au fond de la *khattara* Lahloua. Paris, IRD, *Sciences au Sud*, 40.

RUF T., NUÑEZ P. E., 1997

« La lucha por el agua en la provincia de Tungurahua (Ecuador) : Compartir los recursos, un reto de tres siglos, un desafío para el siglo XXI en la zona de Santa Rosa-Pilahuín ». In : 49^e Congreso Internacional de Americanistas, Simposio, *Las aguas que fluyen, las aguas que gotean, las luchas por el control de un recurso vital*, Quito, 7-11 de julio 1997.

RYDER R. H., 1970

El valor de la fotografía aérea en los estudios históricos y arqueológicos del Ecuador. Quito, IGM, *Revista Geográfica*, 6 : 40-42.

SAFADI C., 1990

« La *foggara*, système hydraulique antique, serait-elle toujours concevable dans la mise en valeur des eaux souterraines en Syrie ? ». In : B. Geyer, *Techniques et pratiques hydro-agricoles traditionnelles en domaine irrigué*, Actes du colloque de Damas, 27 juin-1^{er} juillet 1987, Paris, Librairie orientaliste Paul Geuthner, 2 vol. : 285-292.

SAGANT P., 1976

Le paysan Limbu, sa maison et ses champs. Paris, Mouton.

SALAS H., 1988

« Ecological reclamation of the chinampa area of Xochimilco, Mexico city ». In : P. Allen, D. Van Dusen, (eds.), *Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems*, Proceedings of the sixth international scientific conference of the federation of organic agriculture movements, 2 vol., Santa Cruz, Agroecology program, University of California press : 469-474.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ M., 2001 a

De la autonomía a la subordinación. Riego, organización social y administración de recursos hidráulicos en la cuenca del río Laja, Guanajuato, 1508-1917. El Colegio de México, Doctorado Historia.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ M., 2001 b

« El granero de la nueva España. Uso del entarquinamiento para la producción de cereales en el bajío mexicano ». In : XI congreso nacional de irrigación, Guanajuato, México, 19-21 de Septiembre de 2001.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ M. (ed.), 2002

Entre campos de esmeralda, la agricultura de riego en Michoacán. México, El Colegio de Michoacán, Gobierno del Estado de Michoacán.

SAND C., 1995

Le temps d'avant : la préhistoire de la Nouvelle-Calédonie. Contribution à l'étude des modalités d'adaptation et d'évolution des sociétés océaniques dans un archipel du sud de la Mélanésie. Paris, L'Harmattan.

SAVARIAU S., 2004

Chasseurs de brouillard. *Libération*, 18-19 décembre : 39-41.

SCEAU R., 1980

Les étangs de la Dombes : fondements socio-économiques d'un système hydraulique. *Revue de géographie de Lyon*, 55 (2) : 129-159.

SCHEMENAUER R. S., CERECEDA P., 1992

The quality of fog water collected for domestic and agricultural use in Chile. *Journal of Applied Meteorology*, 31 (3) : 275-290.

- SEIGNOBOS C., 2000
« Sorghos et civilisations agraires ».
In : C. Seignobos, O. Iyébi-Mandjek (eds.),
Atlas de la province Extrême-Nord Cameroun,
Paris, IRD/Minrest-INC : 82-87.
- SERPENTI L. M., 1965
*Cultivators in the swamps, social structure
and horticulture in a New Guinea society*.
Assen, Van Gorcum & Comp. N.V., 308 p.
- SEVIN O., 1985
Migrations et mise en valeur d'une basse plaine
marécageuse : l'exemple des cocoteraies de la basse
Mentaya, Kalimantan (Indonésie). *Cahiers Orstom*,
série Sciences Humaines, 21 (4) : 481-496.
- SEVIN O., 1990
« Transmigration et aménagement des marais
maritimes sur la côte Sud de Kalimantan
(Indonésie) ». *In* : P. Vennetier (éd.),
*Eau et aménagement dans les régions
inter-tropicales* (tome I), Talence, Centre
d'Études de Géographie Tropicale : 309-333.
- SGHAIER M., CHEBANI B., 1997
Simulation on improvements on the traditional
jessour systems and their impacts on farm
income in arid zone of Tunisia :
case of the micro-watershed of Ksar Joumaa
(Matmata mountains). *In* : *Proceedings
of the natural resources management
research workshop*, Le Caire, ICARDA.
- SGHAIER M., MAHDHI N., DE GRAAFF J., OUESSAR M., 2002
Economic assessment of soil and water
conservation works : case of the oued Oum
Zessar watershed in south-eastern Tunisia. *In* :
J. de Graaff, M. Oessar (eds.), *Waterharvesting
in mediterranean zones, an impact assessment
and economic evaluation*, Wageningen,
Wageningen University, TRMP paper n° 40.
- SHANAN L., TADMOR N., EVENARI M., 1970
Runoff farming in the desert. III.
Microcatchments for the improvement of desert
range. *Agronomic Journal*, 62 : 695-699.
- SHARMA B. R., SMAKHTIN V. U., sd
*Potential of water harvesting as a strategic
tool for drought mitigation*.
[http://www.iwmi.cgiar.org/droughtassessment/
files/pdf/MoscowPaper.pdf](http://www.iwmi.cgiar.org/droughtassessment/files/pdf/MoscowPaper.pdf)
- SHELMON R., PARSONS J. J., 1987
Late Quaternary Cyclic Sedimentation,
San Jorge River Floodplain.
Birmingham, Colombia, Congreso X INGUUA.
- SHENGXIU, XIAO LING, 1992
The distribution and management of drylands
in the People's Republic of China.
Advances in Soil Sciences, 18 : 147-302.
- SIGAUT F., 1975
La technologie de l'agriculture.
- Terrain de rencontre entre agronomes
et ethnologues. *Études rurales*, 59.
- SILLITOE P., 1996
*A Place Against Time : land and environment
in the Papua New Guinea Highlands*.
Amsterdam, Harwood Academic Publishers.
- SILZER P. J., CLOUSE H. H., 1991
Index of Irian Jaya languages. Jayapura,
Irian Bulletin of Irian Jaya Development.
- SIMPSON I. A., 1997
Relict properties of anthropogenic deep top soils
as indicators of infield management in Marwick,
West mainland, Orkney. *Journal
of archaeological science*, 24 : 365-380.
- SIMPSON I. A., BULL I. D.,
DOCKRILL S. J., EVERSLED R. P., 1998
Early anthropogenic soil formation at Tofts Ness,
Sanday, Orkney. *Journal of Archaeological
Science* 25 : 729-746.
- SIOLI H., 1984
*The Amazon : Limnology and landscape
Ecology of a mighty Tropical River
and its basin*. Dordrecht, Junk.
- SLANE W. (MAC GUCKIN DE), 1965
*Description de l'Afrique Septentrionale
par Abou Obeïd El Bekri*.
Paris, Adrien-Maisonneuve, 405 + 20 + 212 p.
- SMADJA J., 2003
« Unités géographiques et paysages au Népal.
Terminologies locales ».
In : J. Smadja (éd.), *Histoire et devenir
des paysages en Himalaya*.
*Représentations des milieux et gestion
des ressources au Népal et au Ladakh*,
Paris, CNRS, Coll. Espaces et Milieux : 51-89.
- SMALL C. A., 1972
*Atoll Agriculture in the Gilbert and Ellice
Islands*. Tarawa, Dept. of Agriculture.
- SMITH C. T., DENEVAN W. M., HAMILTON P., 1968
Ancient Ridged Fields in the region of lake
Titicaca. *Geographical Journal*, 134 : 353-367.
- SMITH N. J. H., 1980
Anthrosols and human carrying capacity in
Amazonia. *Annals Assoc. Am. Geographers*,
70 : 553-566.
- SMITH R. T., 1979
The development and role of sunken field
agriculture on the Peruvian coast.
Geographical Journal, 145 : 387-400.
- SMOLIKOWSKI B., ROOSE É., LOPEZ J.-M.,
QUERBES M., QUERIDO A., BARRY O., 1998
Utilisation du paillage léger et de la haie vive
dans la lutte contre l'érosion en zone semi-aride
de montagne (Cap-Vert).
Sécheresse, 9 (1) : 13-21.

- SNANE M. H., MECHERGUI M., 1996
Cultures pluviales des montagnes arides en Tunisie : rôle et dimensionnement des « jessour ». *Sécheresse*, 7 : 203-208.
- SOMBROEK W., 1966
Amazon soils : A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Centre for Agricultural Publications and Documentation, 292 p.
- SOMBROEK W., 2000
Amazon landforms and soils in relation to biological diversity. *Acta Amazonica*, 30 : 81-100.
- SOMBROEK W., RUIVO M. L., FEARNside P. M., GLASER B., LEHMANN J., 2003
« Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks ». In : J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods (eds.), *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers : 125-139.
- SON DANG KIM, 1998
« Production systems and farming systems in the Mekong delta ». In : H. Horiuchi, K. Tsubota (eds.), *The 4th JIRCAS International Symposium, Sustainable agriculture development compatible with environment conservation in Asia, JIRCAS International Symposium Series*, 6 : 177-189.
- SPEISER F., 1990
Ethnology of Vanuatu.
Bathurst Australia, Crawford House Press.
- SPEK T., 1992
« The age of Plaggen soils ». In : A. Verhoeve et J. A. Vervloet. (eds.), *Transformation of the European Rural Landscape : Methodological Issues and Agrarian Change*, Bruxelles, NFWO-FNRS : 72-91.
- SPEK T., GROENMAN VAN WAATERING W., KOOISTRA M., BAKKER L., 2003
Formation and land use history of Celtic Fields in north west Europe, an interdisciplinary case study at Zeijen, The Netherlands. *European journal of Archaeology*, 6 (2) : 141-173.
- SPENCER R. F., JENNINGS J. D., 1965
The native Americans : prehistory and ethnology of the north american Indians. New York, Harper and Row.
- SPRIGGS M., 1981
Vegetable kingdom : Taro and Pacific prehistory. Canberra, ANU Ann Arbor, University Unpublished Phd (microfilm, 1986).
- SPRIGGS M., 1996
« La culture d'irrigation du taro au Vanuatu ». In : *Océanie, arts des îles de cendre et de corail*, Réunion des musées nationaux, Orstom : 94-97.
- SPRIGGS M., 1997
The island Melanesians. The peoples of south-east Asia and the Pacific. Cambridge, Blackwell publishers Ltd, 326 p.
- STEVENSON C., 1997
« Archaeological investigations on Easter Island : Maunga Tari : an upland agricultural complex ». In : G. Lee (ed.), *Easter Island Foundation occasional paper* 3, Woodland California-USA, 165 p.
- STEVENSON C., LADEFOGED T., HAOA S., 2002
Productive strategies in an uncertain environment : Prehistoric agriculture on Easter Island. *Rapa Nui Journal*, 16 (1) : 17-22.
- STROBEL F., 1998
Étude pluridisciplinaire d'un système agraire en transition, Wusiroro, île de Espiritu Santo, Archipel du Vanuatu. France, Cergy Pontoise, Mémoire de fin d'études Istom, 127 p.
- STROMGAARD P., 1990
Effects of mound-cultivation concentration of nutrients in a Zambia miombo woodland. *Soil agriculture, ecosystems and environment*, 32 : 295-313.
- SUPARDI B., 1980
« The tidal swamp resources as a food supplier in South Kalimantan ». In : J. I. Furtado (ed.), *Tropical Ecology and Development* : 1065-1070.
- TAKAYA Y., 1987
Development of a tropical delta : a study of the Chao Phraya Delta. Honolulu, University of Hawaii Press, Centre for South East Asian Studies 17, 269 p.
- TAYLOR W. B., 1969
The valley of Oaxaca. A study of colonial land distribution. Phd University of Michigan.
- TEJEDOR M., JIMÉNEZ C., DÍAZ F., 2003
Volcanic materials as mulches for water conservation. *Geoderma*, 117 (3-4) : 283-295.
- TEWARI A.K., 1988
Revival of water harvesting methods in the Indian desert. *Arid lands newsletter*, 26 : 2-8.
- THOM D. J., WELLS J. C., 1987
Farming systems in the Niger inland delta, Mali. *Geographical review*, 77 (3) : 328-342.
- TIHAY J.-P., USSELMANN P., 1998
Ambientes húmedos de la Costa Pacífica Ecuatorial (Colombia y Ecuador) y su uso antrópico. Geodinámica y aportes de los sensores remotos. In : M. Guinea, J. Marcos, J.-F. Bouchard (eds.), *El área septentrional andina. Arqueología y etnohistoria*, Abya-Ayala, IFEA, Quito : 67- 80.

- TOBBI B., 1994
« Water harvesting : historic, existing and potentials in Tunisia ». In : Consultation d'expert, Le Caire, 21-25 novembre 1993, *Water harvesting for improved Agriculture production* : 189-201.
- TORRES-LIMA P., CANABAL-CRISTIANI B., BURELA-RUEDA G., 1994
Urban sustainable agriculture : the paradox of the *chinampa* system in Mexico city. *Agriculture and Human Value*, XI (1) : 37-46.
- TRÉBUIL G., HOSSAIN M., 2004
Le riz. Enjeux écologiques et économiques. Paris, Belin, Coll. Mappemonde.
- TRUCHELUT A., 1904
Études sur les usages ruraux et la culture locale en Bresse et en Dombes. Bourg, Imprimerie du Courrier de l'Ain, 391 p.
- TSIANG T. C., 1948
« China ». In : *Soil conservation : an international study*, Washington, *FAO Agricultural studies* n° 4 : 81-85.
- UHLIG H., KREUTZMANN H., 1995
Persistence and change in high mountain agricultural systems. *Mountain Research and Development*, 15 (3) : 199-212.
- UNESCO, 2003
The incense route (Israel). N° 1107 (rev). http://whc.unesco.org/archive/advisory_body_evaluation/1107rev.pdf
- UNGER P. W., 1983
Water conservation : southern Great Plains. In : H. E. Dregne, W.O. Willis, (eds.), *Dryland agriculture*, Madison, Soil science society of America.
- VALDEZ F., (ed.), 2006
Agricultura Ancestral, Camellones y Albarradas, Contexto social, usos y retos del pasado y del presente. Abya-Yala, CNRS, IFEA, IRD, 361 p.
- VALDIVIA F. R., REINOSO J., MÚJICA E., 1999
Descripción y evaluación de un sistema de *qochas* en la cuenca norte del Titicaca. *Gaceta Arqueológica Andina*, 25 : 147-166.
- VALLEJOS M., 1978
Origen y desarrollo de la agricultura en el Perú pre-hispánico. *Ciencia Interamericana*, 19 (1) : 21-24.
- VALLIBHOTAMA S., 1984
A city built on rice. *Courrier Unesco*, 37 (12) : 26-27.
- VALONY M.-J., 2002
« Un territoire irrigué, des acteurs dans un environnement en mutation ; l'exemple de la zone de Santa Rosa Pilahuin en Équateur ». In : *La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du XXI^e siècle, enjeux, problèmes démarches*, actes de l'atelier PCSI, 22-23 janvier 2001, Montpellier, Cemagref, Cirad : 247-257.
- VAN DIJK J. A., 1997
Indigenous soil and water conservation by *teras* in eastern Sudan. *Land degradation and development*, 8 (1) : 17-26.
- VAN DIJK J. A., AHMED M. H., 1991
Opportunities for expanding water harvesting in sub-saharan Africa : the case of the *teras* of Kassala, London, IIED, *Gatekeeper Series*, SA40.
Et aussi, www.iied.org/docs/gatekeeper/GK40.pdf
- VAN TILBURG J., 1994
Easter Island : Archaeology, ecology and culture. London, British Museum Press.
- VARGAS G., ORTLIEB L., 1998
Patrones de variaciones climáticas durante el Cuaternario Tardío en la costa de la región de Antofagasta, Chile. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 27 (3) : 385-394.
- VASEY D. E., 1981
« Agricultural systems in Papua New Guinea : adapting to the humid tropics ». In : D. Denoon, C. Snowden, (eds.), *Time to plant and a time to uproot : A history of agriculture in Papua New Guinea*, Port Moresby, *Institute of Papua New Guinea Studies* : 17-32.
- VASEY D. E., 1992
An ecological history of agriculture, 10 000 B.C.-A.D. 10 000. Ames, Iowa State University press, 363 p.
- VELÁZQUEZ M. J., PIMENTEL EQUIHUA J., PALERM J., 2002
« Entarquinamiento en cajas de agua en el valle zamorano : una visión agronómica ». In : M. Sánchez Rodríguez (ed.), *El Colegio de Michoacán*.
- VOHLAND K., 2005
Fanya juu ; teras. [http://www.iwmi.cgiar.org/africa/west_africa/projects/AdoptionTechnology/RainWaterHarvesting/50-Fanya %20juu.htm](http://www.iwmi.cgiar.org/africa/west_africa/projects/AdoptionTechnology/RainWaterHarvesting/50-Fanya%20juu.htm)
- WADDELL E., 1972
The mound builders : agricultural practices, environment and society in the Central Highlands. Seattle, University of Washington Press, American Ethnological Society Monograph 53.

WALTER A., TZERIKIANTZ F., 1999

La tarodière irriguée : un système d'agriculture diversifiée. *JATBA, Revue d'ethnobiologie*, 41 (2) : 185-220.

WANG X., ZHANG J., CHEN B., ZHOU H., 1995

« New discovery about the origin of Chinese and Japanese rice cultivation ».

In: Academic discussion conference on rice origin and evolution, Japan.

WARIN C., 2005

Les prouesses humaines. Dossier Eau.

Ushuaïa Magazine, 7, décembre 2005

et janvier 2006 : 52-53.

Water resource research institute, 2001

Rod-Kohi system development and management in Pakistan. A national project. National agricultural research center, Islamabad.

www.wca.infonet.org/cds_upload/1131631006352_Overview_of_Rod_Kohi_Project_WRRI.pdf

WEBERBAUER A., 1911

Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden.

Leipzig, Engelman, Vegetation der Erde,

vol. 12, 335 p.

WEISLER M. I., 2001

Life on the edge : prehistoric settlement and economy on Utrök Atoll, northern Marshall Islands. *Archaeology in Oceania* 36 (3) : 109-133.

WEISLER M. I., 2002

« The settlement of marginal Islands ».

In : C. Sand (ed.), Pacific Archaeology :

Assessments and prospects,

Noumea, *Cahiers d'Archéologie*, 15 : 343-352.

WELLS S. G., LOVE D. W., GARDNER T. W., 1983

Chaco canyon country.

AGFG : 253 WEST R. C., ARMILLAS P., 1950

Las chinampas de México, poesía y realidad de los jardines flotantes.

Cuadernos americanos, 50 (2) : 165-182.

WEST R., ARMILLAS P., 1950

Las chinampas de México.

Cuadernos Americanos, 40 : 165-182.

WIDANAPATHIRANA A. S., 1990

Learning from traditional dryland farmers.

Ileia Newsletter, March : 20-21.

WILKEN G. C., 1977

Manual irrigation in Middle America.

Agricultural Water Management, 1.

WILKEN G. C., 1985

« A note on buoyency and other dubious characteristics of the "floating" chinampas of Mexico ». *In : I. S. Farrington (ed.), Prehistoric Intensive agriculture in the tropics*, Oxford, British Archeological Reports, *Int. series* 232 : 31-48.

WILKEN G. C., 1987

Good farmers : traditional agricultural resource management in Mexico and Central America. Berkeley, University of California Press, 302 p.

WINKLER VERLAD W., ERIKSON C. L., sd

Prehispanic earthworks of the Baures region of the Bolivian Amazon.

[http ://www.sas.upenn.edu/~cerickso/baures/baures2.htm](http://www.sas.upenn.edu/~cerickso/baures/baures2.htm)

WITTWER S., YOUTAI Y., HAN S.,

LIANZHEN G. W., 1987

Feeding a billion : Frontiers

of Chinese agriculture. East Lansing.

Michigan State University Press. 462 p.

WOODS W. I., MCCANN J. M., 1999

The Anthropogenic Origin and Persistence of Amazonian Dark Earths. *Yearbook, Conference of Latin Americanist Geographers*, 25 : 7-14.

WOODS W. I., MCCANN J.M., MEYER D. W., 2000

« Amazonian Dark Earth Analysis :

State of Knowledge and Directions for Future Research ». *In : F. A. Schoolmaster (ed.),*

Papers and Proceedings of the Applied Geography Conferences, Denton, Texas, 23 : 114-121.

WOOSLEY A., 1980

Agricultural diversity in the prehistoric

Southwest. *Kiva*, 45 : 317-335

World resources 2000-2001, sd

« Regaining the high ground : reviving the hillsides of Machakos ».

In : People and ecosystems :

the tracing web of life, Burlington : 149-158.

<http://pdf.wri.org/wr2000-agroecosystems-machakos>

YEN D. E., 1973

The origins of Oceanic agriculture.

Archaeology and physical anthropology in Oceania, 8 : 68-85.

YOU X. L., 1991

Growing rice on the floating fields in ancient China. *Chin. J. Rice Sci.*, 5 (2) : 79-82.

ZHONG G. F., 1987

Un complexe géographique de base : digues à mûriers et étangs à poissons en Chine du Sud. *L'espace géographique*, 2 : 95-100.

ZHONG G. F., 1989

The structural characteristics

and effects of the dyke-pond system in China.

Outlook on agriculture, 18 (3) : 119-123.

ZHONG G. F., 1990

The types, structure and results of the dike-pond system in South China. *Geo. journal*, 21 (1-2) : 83-89.

ZHONG G. F., WANGG ZENGQI,
WU HOUSHUI (eds.), 1997

Land-Water Interaction of the Dike-Pond System (Guangzhou, China).

Namur, Presses universitaires de Namur, 132 p.

ZIMMERER K., 1995

The origin of Andean irrigation.
Nature, Vol. 378 : 481-483.

ZIZKA G., 1991

Flowering plants of Easter island.

Scientific Reports Research activities,
PHF 3, Frankfurt, Palmen Garten, 108 p.

ZÖLLNER S., 1988

The religion of the Yali in the highlands of Irian Jaya. Melanesian Institute for Pastoral and Socio-economic Service, 207 p.

ZUCCHI A., DENEVAN W. M., 1974

« Campos agrarios prehispánicos en los Llanos de Barinas, Venezuela ». In : *Indiana, aportes a la etnología y lingüística, arqueología y antropología física de la América indígena*, Ibero-amerikanisches Institut, Berlin : 209-219.

Références internet sans auteur

www.unccd.int/actionprogrammes/africa/national/2000/cape_verde-fr.pdf

Cap vert programme d'action national de lutte contre la désertification, document principal

<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/techpub-8a/index.asp#1>:

Fanya juu terracing

www.fao.org/docrep/T0321E/t0321e-13.htm

www.fao.org/docrep/U3160E/u3160e07.htm :
negarim microcatchments
Negarim

www.rainwaterharvesting.org/Rural/Traditional2.html
Waterharvesting systems : traditional systems.

<http://www.ac-amiens.fr/lycee80/lahotoie/hortus/bilaninter.html>

What are the future prospects
for the « hortillonnages of Amiens ».

<http://www.sbes.stir.ac.uk/research/projects/mariecurie/MC1plaggen.htm>

Cultural soils: new approaches to determine their significance and sustainability under various land management systems

http://www.rdg.ac.uk/archaeology/Research/Geoarchaeology/Plaggen_soils.htm

The identification of prehistoric plaggen soils

Index botanique

- Abelmoshus manihot*, 244
Acacia spp., 146
Alocasia macrorrhiza, 214, 284

Balanites aegyptiaca, 146
Broussonetia papyrifera, 284

Caesalpinia spinosa, 201
Cajanus cajan, 133
Chenopodium pallidicaule, 249
Chenopodium quinoa, 249
Colletotrichum gloeosporioides, 301
Colocasia esculenta (L.) Schott, 49, 51, 61, 65, 81, 214, 243, 284, 299
Conyza sumatrensis, 272
Cordyline terminalis, 284
Cucurbita angyrosperma, 43
Cucurbita spp., 199
Cyrtosperma chamissonis (Schott) Merrill, 49, 51, 61 65, 95, 213, 214, 243

Dioscorea alata, 284, 301
Dioscorea cayenensis rotundata, 301
Dioscorea nummularia, 301
Dioscorea transversa, 301
Dioscorea spp., 299

Eichhornia crassipes, 59
Eleusine coracane, 270
Erythroxylum coca (Lam. 1786), 305

Furcraea gigantea, 193

Guettarda sp., 213

Hernandia sp., 215

Ipomoea batatas (L.) Lamk., 81, 198, 284, 299, 304

Juniperus spp., 181
Jupinerus procera, 194

Loudetia togoensis, 39

Manihot esculenta, 198, 284, 304
Messerschmidtia spp., 213
Morus alba, 107
Musa sp., 284, 299

Nidorella resedifolia, 272

Ocotea foetens, 192
Oryza glaberrima, 53
Oryza sativa, 53

Pandanus conoideus Lamk., 299
Pandanus spp., 65
Pennisetum americanum L., 122
Pennisetum glaucum, 133
Pennisetum violaceum, 147
Phaseolus vulgaris L., 43, 273
Phoenix sp., 193
Phragmites spp., 60
Pinus edulis, 181
Piper methysticum, 244
Pisonia spp., 213
Prosopis chilensis, 210
Psophocarpus tetragonolobus (L.) DC., 299

Saccharum officinarum L., 107, 284, 299
Salix acumilata, 69
Salix bonplandiana, 69
Salix sp., 60
Scaevola sp., 213
Secchium edule, 267
Sesamum indicum, 122
Setaria palmifolia (Koenig) Stapf, 299
Setaria spp., 39
Sida fallax, 65
Sorghum bicolor, 133
Sorghum caudatum, 147
Sorghum durra, 39
Sorghum vulgare, 270

Typha sp., 60

Vigna radiata L., 122
Vigna unguiculata L., 122

Xanthosoma sagittifolium, 304
Xanthosoma sp., 284

Zea mays, 270, 299
Zea mays L. subsp. *parviglumis*, 43
Zizania caduciflora, 59
Zizania latifolia, 59
Zizania sp., 59
Ziziphus mauritiana Lamk., 122

Achevé d'imprimé en juin 2008
par I.M.E - Baume-les-Dames
usine certifiée ISO 14 001
sur du papier 100 % PEFC issu de forêts gérées durablement.



Que ce soit dans les déserts ou les rochers, sur les hauteurs d'altitude ou au milieu des océans, l'homme a de tout temps su tirer partie de sa capacité à adapter ses pratiques agricoles aux terres les plus inhospitalières. En marge des grandes évolutions de l'agriculture, il a en effet su développer des conduites culturales originales qui sont autant de réponses à la sévérité des contraintes physiques et aux aléas de l'histoire. Stratégies simples de survie, solutions techniques parfois complexes, les agricultures de l'extrême présentées dans cet ouvrage étonnent par leur diversité et leur créativité. Elles s'inscrivent dans des contextes sociaux et culturels contrastés, tout en se faisant étonnamment écho d'un continent à l'autre.

Rédigé dans un style accessible à tous, abondamment illustré, cet ouvrage à plusieurs mains donne à découvrir la surprenante palette des « agricultures singulières » qui, au-delà de l'héritage exceptionnel qu'elles représentent, témoignent de l'énorme variété des formes d'agriculture développées dans le monde.

Béa Moussé chercheuse à IRD, a mené des recherches sur les contraintes de l'intégration agricole en Côte d'Ivoire, en Thaïlande et au Mexique. Elle étudie actuellement les conflits et les négociations entre acteurs agricoles, environnementalistes et autres.

Anne Wasse ethnologue à l'IRD, coordonne les recherches sur savoirs traditionnels attachés aux plantes médicinales au Burkina. Elle étudie également, en Amérique latine, les savoirs et savoir-faire liés à l'usage dans le cadre des industries traditionnelles de végétaux.

IRD
213, rue de la Vierge
93100 La Courneuve
01 49 39 60 00
www.ird.fr

IRP/IRD
20, avenue de la République
93100 La Courneuve
01 49 39 60 00
www.ird.fr

978 2 7081 3122 3

000000 0 7081 3122 3



9 787081 312223